

Pengembangan Instrumentasi Surface Electromyogram untuk Pemanfaatan Sistem Kendali Kursi Roda Elektrik

Novia Anantya Nugroho, Achmad Arifin, Muhammad Hilman Fatoni
Departemen Teknik Biomedik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: arifin@bme.its.ac.id

Abstrak—Kelumpuhan otot atau paralisis merupakan fenomena yang sering terjadi di masyarakat khususnya pada pasien *pasca stroke* dan *spinal cord injury* (SCI). Penderita kelumpuhan akan mengalami kesulitan saat berkegiatan, sehingga dibutuhkan alat untuk membantu menunjang mobilitas sehari-hari yaitu kursi roda. Dalam penelitian kali ini akan dilakukan pengembangan rangkaian instrumentasi surface electromyogram. Penggunaan metode ini akan mengolah sinyal myoelectric dari otot flexor carpi radialis dan palmaris longus. Instrumentasi EMG digunakan untuk membaca dan merekam sinyal EMG. Pada pengujian instrumentasi didapatkan tiap blok rangkaian hasilnya sesuai dengan nilai cut-off yang telah ditentukan masing-masing filter, sebesar HPF 20 Hz, BSF 50 Hz, LPF 500 Hz dan LPF 2 Hz. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan diketahui bahwa amplitudo tertinggi rangkaian EMG ini berada pada angka 65 mV. Nilai amplitudo maksimum dan minimum dari pengujian pada 5 subjek yang terekam oleh instrumentasi EMG masing-masing adalah sebesar 65 mV dan 0 mV, dengan rata-rata amplitudo maksimal sebesar $64 \pm 1,00$ mV. Perlu dilakukannya pengembangan rangkaian surface electromyogram lebih lanjut agar dapat menghasilkan nilai amplitudo yang lebih besar dan stabil.

Kata Kunci—EMG, Kursi Roda Elektrik, Klasifikasi, Multichannel EMG, Otot.

I. PENDAHULUAN

KELUMPUHAN otot atau paralisis merupakan fenomena yang sering terjadi di masyarakat khususnya pada pasien *pasca stroke* dan *spinal cord injury* (SCI). Identifikasi tingkat kekakuan di daerah persediaan anggota gerak atau fungsi motorik pada seorang pasien *pasca stroke* dan *spinal cord injury* melalui pengukuran secara mekanis dan EMG, menunjukkan tingkat kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan orang normal [1].

Otot berperan penting dalam mengendalikan setiap gerakan tubuh manusia. Dalam menggerakkan tubuh, otot bekerja sama dengan tulang, saraf, dan jaringan penghubung antara otot, saraf, dan tulang. Ketika salah satu jaringan tersebut mengalami gangguan, maka kelumpuhan dapat terjadi.

Seseorang yang menderita kelumpuhan akan mengalami kesulitan ketika mereka akan melakukan kegiatan, sehingga mereka membutuhkan sesuatu alat yang dapat membantu menunjang mobilitas dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Alat bantu mobilitas untuk para penderita kelumpuhan yang umum digunakan adalah kursi roda.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai instrumentasi yang menggunakan sinyal otot sebagai kendali gerakan kursi roda elektrik. Dalam hal ini dilakukan pengembangan terhadap instrumentasi untuk



Gambar 1. Kursi roda elektrik.

surface electromyogram, hal ini ditujukan agar dapat dimanfaatkan sebagai control perintah gerak pada kursi roda elektrik..

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kursi Roda Elektrik

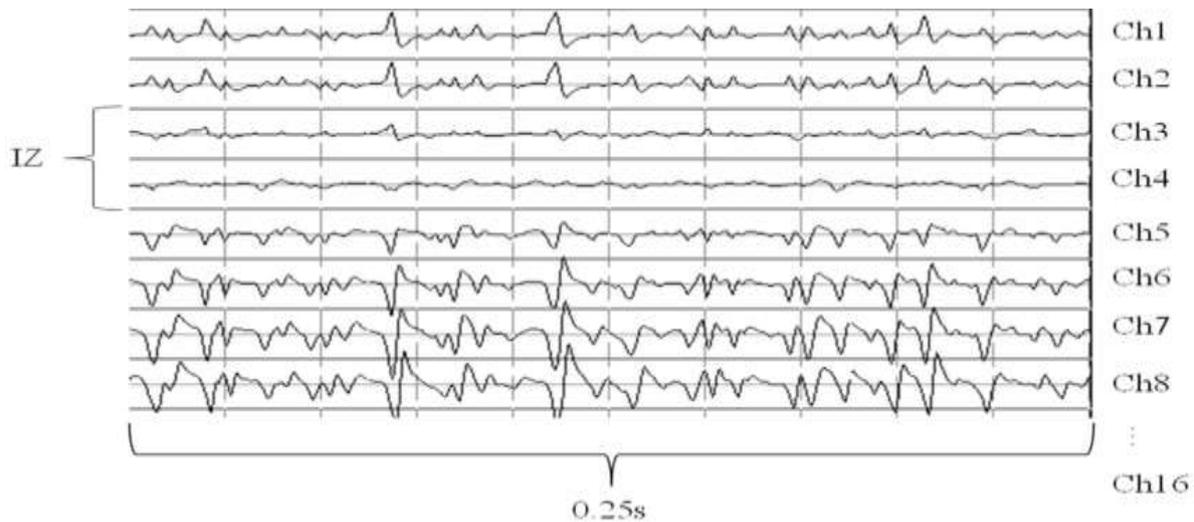
Untuk menggerakkan kursi roda ini, terdapat beberapa pin kontrol yang harus dihubungkan dengan PWM dari mikrokontroler. Pin ground pada kursi roda elektrik harus dijadikan satu dengan pin ground dari mikrokontroler yang menghasilkan PWM. Gambar 1 merupakan kursi roda elektrik yang akan digunakan pada penelitian ini [2].

Untuk memberikan PWM dari mikrokontroler ke kursi roda elektrik maka diperlukan langkah-langkah:

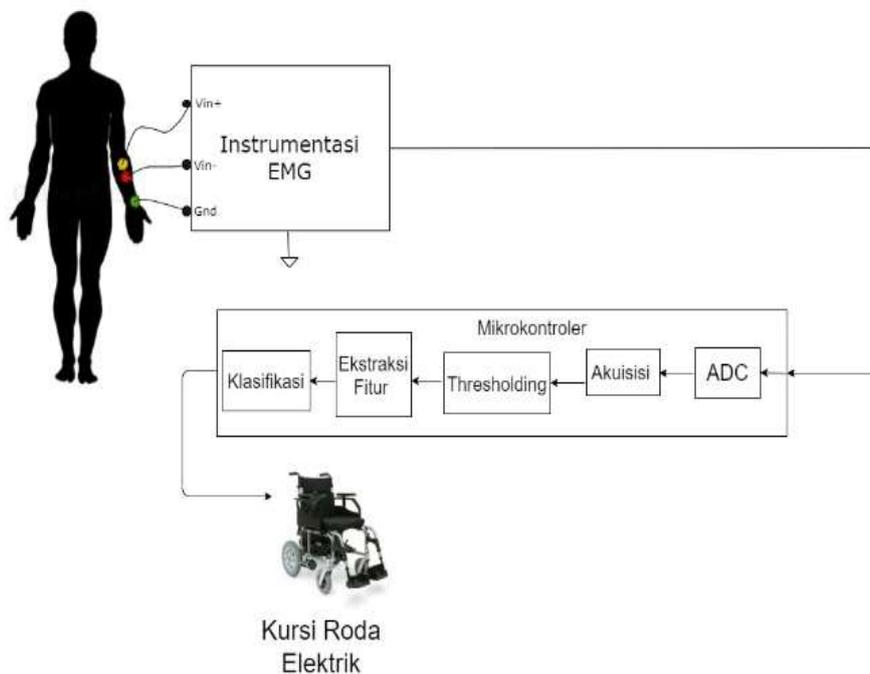
1. Sambungkan semua pin PWM mikrokontroler pada pin kursi roda elektrik yang digunakan
2. Aktifkan atau sambungkan mikrokontroler dengan laptop lalu berikan nilai PWM dengan nilai tegangan sebesar 2,5 Volt pada tiap-tiap pin kursi roda elektrik.
3. Setelah itu sambungkan ground dari mikrokontroler ke ground kursi roda elektrik.

B. Multichannel EMG

Generasi electromyogram permukaan (sEMG) dijelaskan sehubungan dengan sifat-sifat potensial aksi serat otot tunggal sebagai sumber, aspek fisik pada konduksi volume



Gambar 2. Multichannel EMG.



Gambar 3. Diagram fungsional sistem.

dan konfigurasi perekaman, serta sifat-sifat dan pola pembangkitan untuk unit motor (MU). Pengukuran terhadap electromyogram selalu membutuhkan multichannel karena setiap gerakan akan melibatkan sekelompok otot. Dalam hal ini meningkatkan jumlah elektroda pada surface EMG adalah untuk meningkatkan jumlah posisi perekaman sinyal EMG. Dengan cara ini, informasi topografi mengenai distribusi EMG melalui aktivitas otot atau hubungan waktu antara otot yang berbeda sehingga menjadi dapat diakses. Multichannel sEMG direalisasikan lebih mudah daripada menggunakan teknik multichannel EMG jarum [3]. Ketika electromyogram terdeteksi setelah otot aktif dan berkontraksi, perangkat wearable dibutuhkan karena beberapa gerakan akan dilibatkan selama pengukuran dilakukan. Gambar 2 menunjukkan contoh multichannel EMG.

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dipilih beberapa subjek sehat tanpa riwayat kelumpuhan ataupun penyakit serius lainnya. Usia subjek 21 – 23 tahun berjenis kelamin laki – laki dan

perempuan. Secara umum diagram fungsional sistem penelitian kali ini ditunjukkan pada ilustrasi di Gambar 3.

A. Rangkaian Instrumentasi EMG

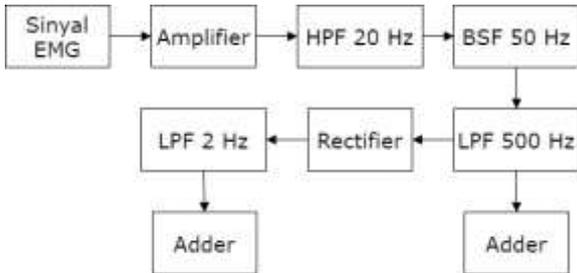
Rangkaian Instrumentasi EMG ini didesain dengan berbagai macam filter dan parameter agar dapat dimunculkan sinyal yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pada rangkaian ini digunakan sebuah *surface electromyogram* sebagai *input* sinyal masuk yang ditempelkan pada bagian *Palmaris Longus* serta *Flexor Carpi Radialis* sedangkan *grounding* diletakkan di siku. Gambar 4 menunjukkan posisi peletakan elektroda pada tangan.

Sinyal yang telah masuk kemudian akan dikuatkan menggunakan *amplifier* INA128P kemudian akan melalui tahapan filter antara lain yaitu HPF, BSF, dan LPF. Setelah semua sinyal melalui tahap filter lalu dilanjutkan ke rangkaian *adder* untuk kemudian dapat dilakukan proses ADC pada komputer. Gambar 5 mengilustrasikan bagaimana rangkaian instrumentasi ini bekerja.

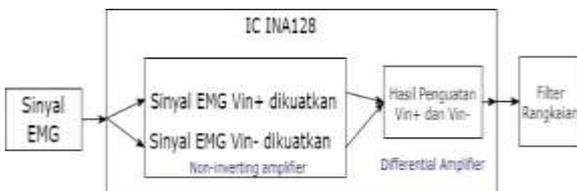
Pada blok *amplifier* akan dilakukan proses penguatan sinyal dikarenakan sinyal *input* yang didapat nilainya sangat



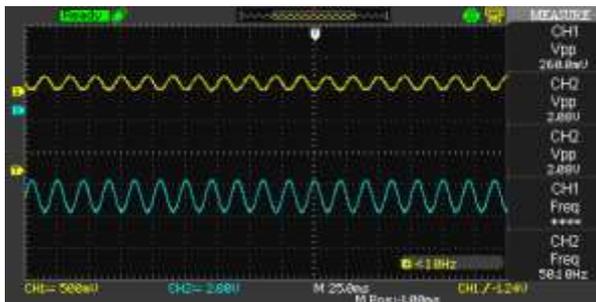
Gambar 4. Posisi peletakan elektroda.



Gambar 5. Diagram fungsional system rangkaian instrumentasi EMG.



Gambar 6. Penguatan sinyal pada rangkaian amplifier.



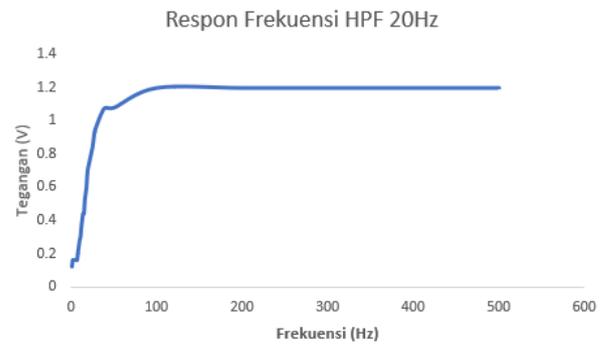
Gambar 7. Gain amplifier.

kecil sehingga sulit untuk diidentifikasi dan diklasifikasi. Dalam rangkaian penguat terdiri atas tiga buah op-amp yang mana bagian op-amp pertama dan kedua digunakan untuk menguatkan sinyal *input* pada kedua op-amp. Konfigurasi penguatan dari kedua op-amp adalah non-inverting, keluaran dari kedua op-amp tersebut akan menjadi masukan untuk op-amp ketiga yang berfungsi sebagai *differential amplifier*. Blok *amplifier* dapat dilihat pada Gambar 6.

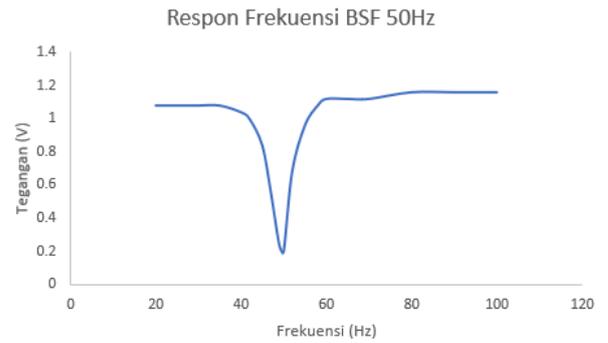
Rangkaian HPF 20 Hz digunakan untuk mereduksi sinyal *noise* atau sinyal yang menyimpang yang mempunyai frekuensi rendah. Rentang sinyal EMG sendiri frekuensi terendahnya adalah 20 Hz.

Rangkaian BSF 50 Hz digunakan untuk mereduksi tegangan jala-jala PLN sekitar 50 Hz umumnya di Indonesia, karena sinyal tersebut akan sangat mempengaruhi pendeteksian sinyal EMG yang bisa menjadi *noise*. Lebar pita pada filter BSF adalah 10.

Rangkaian LPF 500 Hz digunakan untuk meloloskan sinyal EMG yang sesuai dengan frekuensi tertingginya sekitar 500 Hz pada otot lengan bawah selain itu untuk



Gambar 8. Respon frekuensi HPF 20 Hz.



Gambar 9. Respon frekuensi BSF 50 Hz.



Gambar 10. Respon frekuensi LPF 500 Hz.

mereduksi sinyal interferensi gelombang RF dan untuk menghindari *antialiasing* pada saat di *sampling*.

B. Rancangan Perangkat Lunak

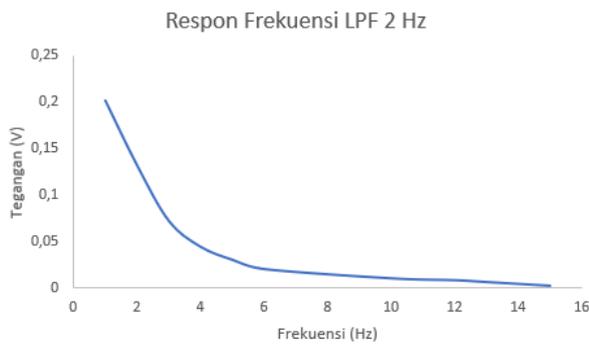
Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler jenis Arduino Uno untuk proses akuisisi data sinyal *input* dari *Surface Electromyogram*. Proses pengolahan sinyal yang dilakukan di mikrokontroler ini adalah *Analog to Digital Converter (ADC) Channel* dengan nilai 0 sampai dengan 1023 dan bertegangan maksimum sebesar 3,3 V.

Sinyal *input* didapatkan dari *surface electromyogram* yang ditempelkan pada bagian *Palmaris Longus* dan *Flexor Carpi Radialis*. Sinyal kemudian diproses oleh rangkaian instrumentasi EMG akan dibaca sebagai sinyal analog dan mampu ditangkap oleh system untuk selanjutnya dilakukan proses ADC sinyal.

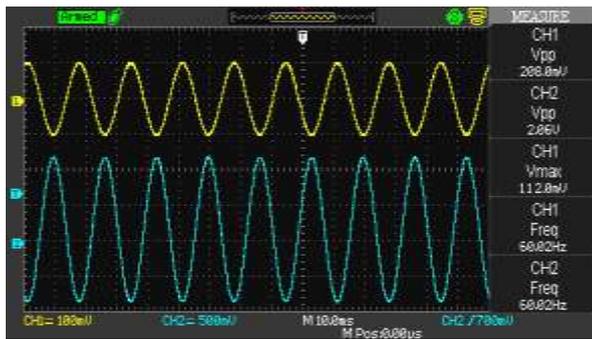
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rangkaian Instrumentasi EMG

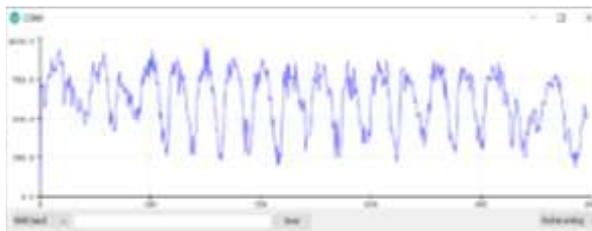
Pada rangkaian instrumentasi EMG yang digunakan akan dilakukan pengujian pada 5 blok yaitu rangkaian *amplifier*,



Gambar 11. Respon frekuensi LPF 2 Hz.



Gambar 12. Hasil pengujian rangkaian adder.



Gambar 13. Hasil ADC sinyal EMG.

HPF, BSF, LPF dan *adder*. Setiap pengujian diberikan sebuah sinyal sinus dengan frekuensi yang bervariasi.

1) Penguat Instrumentasi

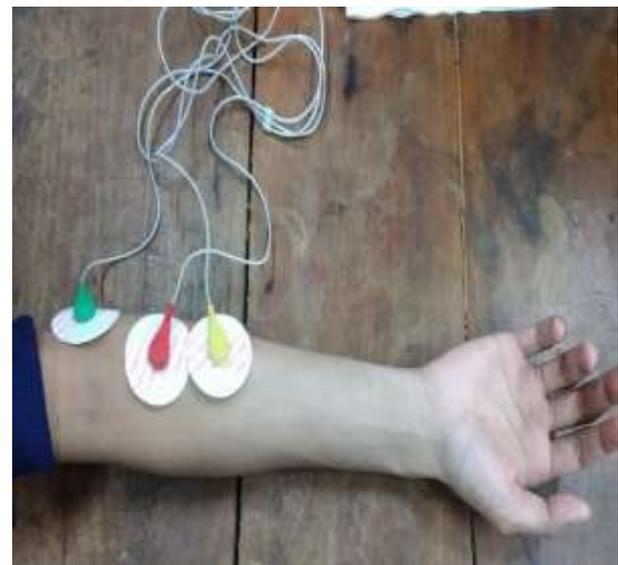
Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan berupa sinyal sinus menggunakan *function generator* sebesar 260 mV dengan frekuensi sebesar 50 Hz ke rangkaian penguat Gambar 7 memvisualisasikan hasil pembacaan *amplifier* pada rangkaian. Sehingga didapat sinyal *input* bernilai 260 mV dengan *output* bernilai 2,08V. Hal tersebut akan mendapatkan *gain* pada rangkaian sebesar 10 kali.

2) Rangkaian Filter

Pada pengujian blok rangkaian filter HPF, BSF dan LPF digunakan *Vpp Input* yang sama yaitu 1,16 volt. Perbedaan dari pengujian ketiga rangkaian tersebut terletak pada variasi frekuensi yang digunakan sebagai *input* dengan menyesuaikan frekuensi *cut-off* pada masing-masing filter. Hasil pengujian dari keempat filter sesuai dengan teori hal tersebut dapat dilihat pada respon frekuensi yang ditunjukkan pada Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.

3) Rangkaian Adder

Rangkaian *adder* ditujukan untuk meningkatkan level tegangan pada sinyal sebelum melewati proses ADC. Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa *Vpp output* yang dihasilkan oleh rangkaian *adder* mengalami kenaikan level menjadi 2,06 V. hal ini membuktikan bahwa rangkaian telah sesuai dengan yang dibutuhkan.



Gambar 14. Posisi penempatan elektroda pada subjek.

Tabel 1. Hasil percobaan pada subjek

	Amplitudo Maksimal (mV)	Amplitudo Minimal (mV)
Subjek 1	63	0
Subjek 2	63	0
Subjek 3	64	0
Subjek 4	65	0
Subjek 5	65	0
Rata-rata	64	0
Standar Deviasi	1	0

B. ADC Sinyal

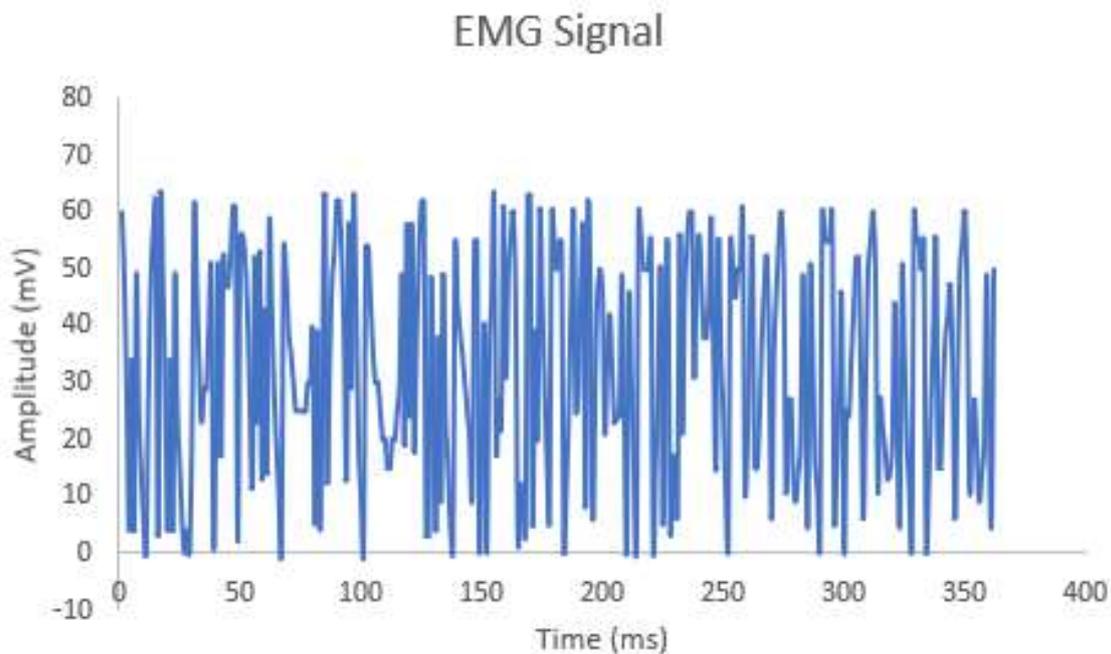
Rangkaian Instrumentasi EMG yang telah berhasil menghasilkan *output* sinyal berbentuk *linear envelope* selanjutnya akan dilakukan proses *Analog to Digital Converter* (ADC). Proses ADC ini berfungsi untuk mengonversikan besaran analog sinyal menjadi sebuah besaran digital yang mampu untuk diolah dalam bahasa mesin. Dari hasil sinyal yang telah diuji coba didapati bahwa bentuk sinyal seperti ditunjukkan pada Gambar 13.

C. Hasil Pembacaan Sinyal EMG

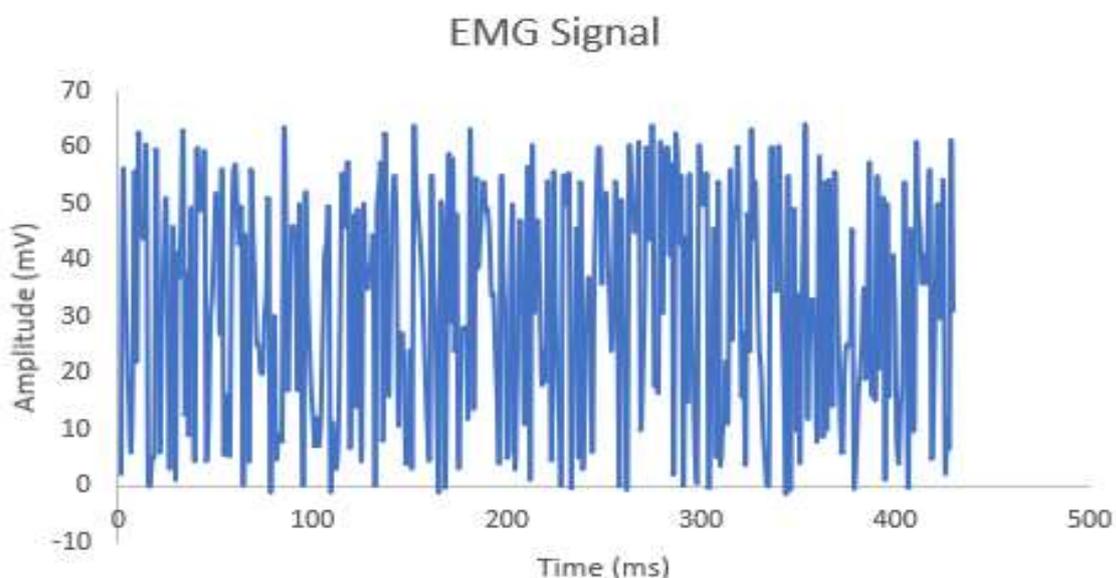
Dilakukan pengukuran terhadap 5 subjek yang terdiri dari 4 laki-laki dan 1 perempuan, rata-rata usia subjek 24 tahunm masing-masing diminta untuk melakukan kontraksi pada otot lengan. Elektroda diletakkan sesuai dengan pada Gambar 14 tepatnya pada otot *flexor carpi radialis*.

Subjek diminta melakukan kontraksi otot dengan melakukan gerakan tangan menggenggam, melepas genggam, fleksi dan relaksasi. Didapatkan hasil pengukuran sinyal EMG untuk Subjek 1 yang ditampilkan pada Gambar 15. Dan hasil pengukuran sinyal EMG untuk Subjek 2 yang ditampilkan pada Gambar 16.

Pada pengujian yang dilakukan terhadap Subjek 1 didapatkan amplitudo maksimum sebesar 63,0 mV dengan amplitudo minimal sebesar 0 mV. Pada Subjek 2 amplitudo maksimum sebesar 63,0 mV dengan amplitudo minimal sebesar 0 mV. Data pengujian amplitudo maksimum dan minimum pada kelima subjek ditampilkan pada Tabel 1. Nilai amplitudo maksimum dan minimum yang terekam oleh instrumentasi EMG masing-masing adalah sebesar 65 mV dan 0 mV, dengan rata-rata amplitudo maksimal sebesar 64±1,00 mV.



Gambar 15. Hasil pengukuran sinyal EMG Subjek 1.



Gambar 16. Hasil pengukuran sinyal EMG Subjek 2.

V. KESIMPULAN

Instrumentasi EMG dapat bekerja sesuai dengan frekuensi cut-off pada rangkaian HPF 20 Hz sinyal dapat teredam pada kondisi frekuensi input kurang dari 20 Hz, BSF 50 Hz dapat meredam interferensi jala listrik dengan bandwidth 10 pada frekuensi 44-54 Hz, LPF 500 Hz sinyal pada kondisi frekuensi input yang melebihi 500 Hz dapat teredam, LPF 2 Hz dapat meredam frekuensi input dibawah 2 Hz, rangkaian adder yang menunjukkan beda fase dan dapat melakukan penguatan hingga 2,08 V. Dari hasil 5 kali pengujian yang terekam oleh instrumentasi EMG terhadap subjek yang berbeda, didapatkan amplitudo maksimal sebesar 65 mV dan amplitudo minimal sebesar 0 mV, dengan rata-rata amplitudo maksimal sebesar $64 \pm 1,00$ mV. Dalam pengukuran ini terdapat interferensi yang disebabkan oleh pemasangan elektroda yang kurang sesuai sehingga terkadang tidak

menempel dengan baik. Oleh karena itu penempatan dan pemilihan elektroda yang digunakan dalam merekam sinyal EMG perlu dipertimbangkan dan diperhatikan sehingga tidak akan menjadi masalah pada saat perekaman. Pengaturan pada saat memutar multiturn atau resistor variabel juga perlu diperhitungkan karena mempengaruhi pada penguatan sinyal yang terbaca saat dilakukan pengukuran, hal tersebut dikarenakan sinyal EMG ini memiliki amplitudo tegangan yang sangatlah kecil sehingga diperlukan banyak amplifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hubli, M. Bolliger, E. Limacher, A. R. Luft, and V. Dietz, "Spinal neuronal dysfunction after stroke," *Exp. Neurol.*, vol. 234, no. 1, pp. 153--160, 2012.
- [2] I. Pradivta, "Desain Perintah Myoelectric Control Sebagai Perintah Kursi Roda Elektrik Untuk Mobilitas Penyandang Disabilitas," Departemen Teknik Biomedik: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.

- [3] M. J. Zwarts and D. F. Stegeman, "Multichannel surface EMG: basic aspects and clinical utility," *Muscle & Nerve Off. J. Am. Assoc. Electrodiagn. Med.*, vol. 28, no. 1, pp. 1--17, 2003.