

## Implementasi dan Analisis Penguat Instrumentasi untuk Akuisisi Data Sinyal EMG

### Instrumentation Amplifier Analysis and Implementation for EMG Signal Data Acquisition

Eka Wiantara

Program Studi Sistem Komputer  
STMIK STIKOM Bali, Denpasar, 80116  
Telp: (0361) 244445, Fax: (0361) 264773  
Email: [yudeline@yahoo.com](mailto:yudeline@yahoo.com)

#### Abstract

*The Electromyogram (EMG) signals are generated by human muscle. This can be used as an input for control devices or human muscle condition analysis. The value of EMG signals amplitude are low, between  $-7.3mV$  to  $3.26mV$ . In the other side, the control devices needs input voltage between  $1V$  to  $5V$ . Then, they need a signal amplifier circuit that in this paper we use an instrumentation amplifier circuit. This amplifier uses a basic instrumentation amplifier circuit with LM358 Op-Amp. In the analysis, we use Proteus 7 Professional as a circuit simulation that is compared with the implemented circuit output values. The results in this paper show some significant differences between theoretical calculation, simulation, and implemented circuit. The differences show that there are some factors affecting the instrumentation amplifier quality, they are: wiring technique, materials, grounding, subject condition, and artifact.*

#### Abstrak

*Sinyal Electromyogram (EMG) merupakan sinyal otot yang dihasilkan oleh otot manusia. Sinyal ini dapat dimanfaatkan sebagai input bagi suatu peralatan pengendali atau peralatan analisis kesehatan otot manusia. Namun demikian, sinyal ini tergolong beramplitudo lemah, yaitu berkisar antara  $-7,3 mV$  hingga  $3,26 mV$ . Sedangkan peralatan-peralatan pengendali yang berbasis microcontroller membutuhkan tegangan input antara  $1 V$  hingga  $5 V$ . Dengan demikian, maka diperlukan sebuah rangkaian penguat sinyal yang dalam penelitian ini menggunakan rangkaian penguat instrumentasi. Penguat ini mengimplementasikan rangkaian dasar penguat instrumentasi dengan OpAmp tipe LM358. Selain rangkaian tersebut, dalam penelitian ini ditunjukkan hasil simulasi menggunakan Proteus 7 Professional yang dibandingkan dengan hasil rangkaian penguat instrumentasi. Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan yang signifikan antara perhitungan secara teori, simulasi, dan implementasinya. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas penguat instrumentasi, seperti: teknik pengawatan, bahan yang digunakan, pemilihan ground, kondisi fisik subjek, dan artefak.*

**Kata kunci:** *electromyogram, akuisisi data EMG, instrumentation amplifier.*

## 1. PENDAHULUAN

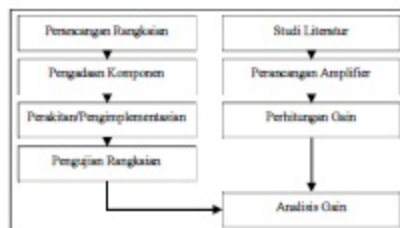
Sinyal EMG tergolong sangat lemah, di mana amplitudo sinyal ini berkisar antara  $-7,3 mV$  hingga  $3,26 mV$  [1]. Di sisi lain, peralatan pengendali berbasis *microcontroller* membutuhkan sinyal input beramplitudo lebih tinggi yang berkisar antara  $1 V$  hingga  $5 V$ . Dengan demikian, maka diperlukan suatu rangkaian penguat sinyal yang mampu meningkatkan amplitudo tersebut sebanyak 300 hingga 700 kali. Penguatan sinyal yang lemah akan membutuhkan penanganan khusus melalui suatu rangkaian elektronika analog. Hal ini disebabkan karena penguatan sinyal yang diinginkan akan turut disertai penguatan sinyal *noise* atau

sinyal yang tidak diinginkan. Sehingga, perancangan dan komponen rangkaian elektronika yang digunakan harus melewati standar pengukuran yang telah disesuaikan dengan teori.

Hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan penguat IC INA122 [2], menghasilkan sebuah alat ukur sinyal EMG dengan penguatan yang tinggi, *noise* yang lemah, serta hemat konsumsi daya listrik. Namun demikian, teknik pengakuisisian data sinyal EMG tidak dijelaskan, sehingga diperlukan analisis lebih lanjut untuk hasil yang lebih baik.

## 2. METODE

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan referensi yang terkait dengan rancangan rangkaian penguat instrumentasi, dimana, perancangan ini melibatkan perhitungan secara teoritis terkait kebutuhan penguatan sinyal EMG. Mengacu pada hasil penelitian yang telah disampaikan sebelumnya, bahwa amplitude sinyal EMG berada pada satuan mV, sehingga diperlukan penguatan minimal 500x untuk memperoleh amplitude tegangan yang dibutuhkan oleh rangkaian kontrol. Secara teoritis, perhitungan penguatan tersebut mampu diperoleh menggunakan rancangan rangkaian dasar penguat instrumentasi, sehingga proses analisis dapat dimulai dengan mengimplementasikan rancangan tersebut pada komputer untuk disimulasikan. Selanjutnya rancangan rangkaian dapat diimplementasikan ke *Printed Circuit Board* (PCB) untuk memperoleh hasil secara praktik.



Gambar 1: Sistematika Penelitian

Penelitian ini diawali dengan perancangan rangkaian penguat instrumentasi yang disesuaikan dengan dasar teori Penguat *Operational Amplifier* (OpAmp). Bersamaan dengan studi literatur untuk mendapatkan informasi terbaru mengenai teknik perancangan rangkaian dari artikel dan jurnal ilmiah. Setelah dasar teori terkumpulkan, dilanjutkan dengan pengadaan komponen elektronika sesuai dengan kebutuhan. Di sisi lain, perancangan rangkaian penguat berdasarkan teori dilakukan untuk mempersiapkan perhitungan penguatan secara teoritis.

Perakitan atau pengimplementasian rancangan rangkaian penguat instrumentasi diawali dengan melakukan uji coba dan pengukuran terhadap setiap komponen. Setelah komponen-komponen tersebut memenuhi standar kebutuhan rangkaian, maka dilanjutkan dengan merancang *Printed Circuit Board* (PCB). Proses selanjutnya adalah pengukuran parameter-parameter tegangan input dan output menggunakan multimeter digital. Hasil dari pengujian ini adalah perbandingan nilai tegangan output dengan tegangan input, sehingga diperoleh gain dari rangkaian.

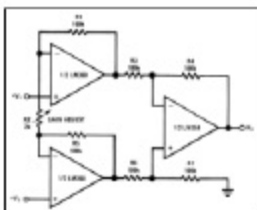
Analisis gain pada rangkaian dengan hasil perhitungan gain secara teori dilakukan untuk memperoleh kesesuaian antara hasil implementasi dengan perhitungan teoritis. Dalam hal ini, semakin besar selisih gain yang diperoleh, maka semakin besar *losses* yang terjadi pada rangkaian, sehingga proses perbaikan

rangkaiannya dapat dilakukan kembali untuk hasil yang lebih baik. Namun demikian, apabila terjadi selisih yang sama, maka dapat disimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas rangkaian.

Dalam hal proses pengujian rangkaian dengan kesesuaian hasil terhadap teori, maka rangkaian akan disempurnakan untuk tujuan pengujian terhadap subjek.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, rangkaian penguat instrumentasi memiliki 3 (tiga) OpAmp yang disusun seperti Gambar 2. Penguat ini memiliki impedansi input yang tinggi dan impedansi output yang rendah. Rangkaian ini memenuhi kriteria penguat tegangan, di mana, mengacu pada Hukum Ohm, bahwa dengan impedansi yang tinggi membutuhkan arus yang rendah, sehingga tegangan dapat ditingkatkan sebagaimana tujuan dari rangkaian penguat tersebut.



Gambar 2: Rangkaian Dasar Penguat Instrumentasi

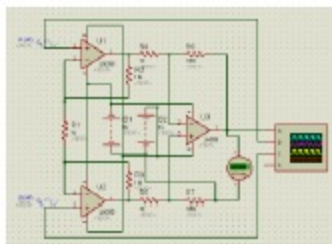
Gain pada rangkaian dihitung dengan membandingkan  $V_o$  dengan  $V_{in}$ .  $V_o$  pada rangkaian dirumuskan sebagai berikut, dengan ketentuan  $R1=R5$ , dan  $R3=R4=R6=R7$ .

$$V_o = 1 + \frac{2R1}{R2} (V2 - V1) \quad (1)$$

Ketentuan lainnya bila  $R1=R5$ ,  $R3=R6$ , dan  $R4=R7$ , dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_o = \left(1 + \frac{2R1}{R2}\right) \left(\frac{R4}{R3}\right) (V1 - V2) \quad (2)$$

Rangkaian penguat instrumentasi ini disimulasikan menggunakan Proteus 7 Professional. Skema rangkaian ditunjukkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 3 : Skema Rangkaian Simulasi

Rancangan rangkaian disimulasikan menggunakan 3 buah OpAmp LM358 dan menambahkan alat ukur untuk menampilkan  $F_{out}$ . Pada rangkaian di atas, penguatan rangkaian adalah 2100x. Sehingga, bila tegangan input  $[U1(+IP)-U2(+IP)]$  adalah 1 mV, maka  $F_o$  pada rangkaian adalah 2100 mV atau 2.1 V.

Hasil simulasi dari rangkaian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan  $V_o$  yang signifikan terhadap perhitungan secara teori rangkaian. Data simulasi rangkaian ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 1 : Hasil Simulasi Rangkaian

V1 (mV)	V2 (mV)	V1 (Hz)	V2 (Hz)	R1	R2	R4	R6	$V_o$
10	8	120	300	100	10k	1k	100k	0.38V
8	10	300	120	100	10k	1k	100k	0.38V
15	8	120	300	100	10k	1k	100k	0.53V
8	15	300	120	100	10k	1k	100k	0.53V
20	8	120	300	100	10k	1k	100k	0.70V

Pada tabel berikut ditampilkan data hasil simulasi dengan perubahan nilai resistor pada rangkaian, dengan  $V1=20$  mV,  $V2=8$  mV, Frekuensi V1 dan V2 masing-masing 120Hz dan 300Hz.

Tabel 2 : Data  $F_o$  dengan Perubahan Nilai Resistor

R1	R2	R4	R6	$V_o$
1k	10k	1k	100k	0.67V
2k	10k	1k	100k	0.64V
5k	10k	1k	100k	0.59V
1k	20k	1k	100k	0.69V
1k	50k	1k	100k	0.70V
1k	100k	1k	100k	0.71V
1k	10k	100	50k	1.08V
1k	10k	1	50k	1.47V

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa besarnya  $V_o$  secara signifikan dipengaruhi oleh perbandingan antara R6 dengan R4. Perbedaan yang signifikan antara hasil perhitungan secara teori rangkaian dengan hasil simulasi menunjukkan bahwa terdapat faktor-faktor di luar nilai resistor yang digunakan, seperti, frekuensi tegangan input, tipe OpAmp, dan pemilihan *ground*.

Berdasarkan hasil tersebut, maka implementasi rangkaian ke dalam PCB dapat diprediksi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi penguatan tegangan input. Berikut merupakan bahan-bahan yang digunakan pada rangkaian penguat instrumentasi.



Gambar 3. Implementasi dan Pengukuran Rangkaian Penguat Instrumentasi

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penguat instrumentasi menggunakan OpAmp LM358 mampu menguatkan tegangan dalam satuan mV ke satuan Volt karena memiliki impedansi input yang tinggi.
2. Perbedaan signifikan antara hasil perhitungan secara teori rangkaian, simulasi, dan praktek dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: teknik pengawatan, bahan yang digunakan, pemilihan *ground*, kondisi fisik subjek, dan artifak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiantara, E. (2016). *Aplikasi Program Penganalisis Karakteristik Sinyal Electromyogram (EMG) dari Basis Data Medical Imaging Technology (MIT)*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Teknik Informatika (SENAPATI ke-7) Hal. 134-138.
- [2] Andrynowska, A.; Klekiel, T. (2011). *Application of INA122 Amplifier to Measure of EMG Signals*. Aktualne Problemy Biomechaniki, nr 5/2011. Department of Biomedical Engineering at University of Zielona Gora.