

# Function Generator On-Chip Sebagai Sinyal Pertubasi Untuk Pengukuran Impendansi Spektral

1<sup>st</sup> Novprincess Rannu Gessa  
Tanggulungan  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
novprincessrannugt@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Indra Wahyudhin Fathona  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
indrafathonah@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Casmika Saputra  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
casmika@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak** - Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) adalah sebuah teknik pengukuran sel elektrokimia pada berbagai frekuensi dengan mengukur impedansi. Impedansi juga dapat diperoleh dengan cara membagi tegangan yang berupa sinyal periodik dengan arus yang berupa sinyal periodik pula dengan menggunakan metode Fast Fourier Transform atau biasa disebut FFT. Function generator adalah alat ukur elektronik yang mampu membangkitkan dan mengontrol gelombang frekuensi berupa sinus, persegi dan segitiga. Bentuk gelombang yang akan ditampilkan berupa gelombang sinusoidal yang yang kirim ke rangkaian potensiostat yaitu alat ukur EIS dengan menggunakan tegangan input. *Function Generator AD9833(Programmable Waveform Generator)* bekerja sebagai pemberi sinyal frekuensi AC berupa sinusoidal ke Potensiostat. Pada pengujian AD9833 menggunakan alat penampil sinyal frekuensi dengan menggunakan osiloskop digital sebagai alat kalibrasi. Osiloskop digital digunakan yaitu Instrustar dengan menggunakan *software MultiVirAnalyzer* sebagai penampil sinyal. Uji sinyal pertubasi AC dari AD9833 dengan melihat selisih error pada frekuensi input asli dengan frekuensi input dari Osiloskop digital. Hasil yang diperoleh saat menguji frekuensi kecil 10 Hz sampai frekuensi besar 50 KHz error rata-rata yang didapatkan sebesar 0.21%

**Kata Kunci:** Electrochemical Impedance Spectroscopy, Impedansi, Function Generator, Sinyal Sinusoidal, AD9833

## I. PENDAHULUAN

Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) adalah sebuah teknik pengukuran sel elektrokimia pada berbagai frekuensi dengan mengukur impedansi. Teknik ini banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti pengujian sel bahan bakar, mempelajari interaksi biomolekuler, mikrostruktural, karakterisasi, studi korosi, perangkat biomedis, semikonduktor, perangkat solid-state, sensor, baterai, kapasitor elektrokimia, pengukuran dielektrik, pelapis, bahan elektrokromik,

kimia analitik, pencitraan, elektrokimiasel, osilator berkas-massa, dan jaringan biologis [1].

Impedansi juga dapat diperoleh dengan cara membagi tegangan yang berupa sinyal periodik dengan arus yang berupa sinyal periodik pula dengan menggunakan metode Fast Fourier Transform atau biasa disebut FFT. Metode ini biasa digunakan pada sinyal dengan data banyak untuk mengetahui karakteristik kompleks dari sinyal tersebut sehingga mampu dihitung impedansi kompleks dari informasi berupa sinyal tegangan dan arus. Berikut ini adalah persamaan impedansi yang sederhana jika  $Z$  adalah impedansi,  $V$  adalah tegangan input dari potensiostat dalam bilangan kompleks, dan  $I$  adalah arus output dari potensiostat dalam bentuk bilangan kompleks [2].

$$Z = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Function generator adalah alat ukur elektronik yang mampu membangkitkan dan mengontrol gelombang frekuensi berupa sinus, persegi dan segitiga [3]. Bentuk gelombang yang akan ditampilkan berupa gelombang sinus yang yang kirim ke rangkaian potensiostat yaitu alat ukur EIS dengan menggunakan tegangan input. Merancang *Function Generator* dengan mengintegrasikan modul berupa komponen rangkaian DAC kemudian modul yang dihubungkan dengan mikrokontroler lalu diprogram melalui komputer. Sinyal AC masuk alat ukur sebagai sinyal pertubasi agar tegangan sinyal AC dapat diluruhkan.

## II. DASAR TEORI DAN METODOLOGI PERANCANGAN

Sinyal keluaran Function generator frekuensi yaitu sinyal sinusoidal disebut sinyal AC memiliki persamaan:

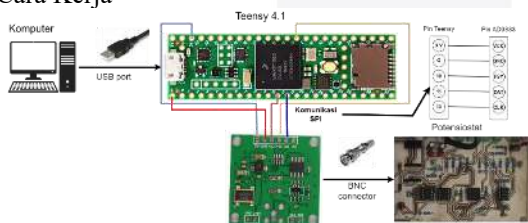
$V_t = V_o \sin \omega t$  dalam siklus yang berulang dimana  $V_o$  adalah amplitudo maksimal,  $\omega$  merupakan frekuensi sudut dalam rad/s yang didapatkan dari  $2\pi f$  dimana  $\pi$  adalah 3,14 dan  $f$  merupakan frekuensi tiap percobaan. Kemudian persamaan tersebut disederhanakan sehingga mendapatkan persamaan frekuensi:

$$f = \frac{1}{T} \tag{2}$$

Dimana  $f$  adalah frekuensi dalam satuan Hertz dan  $T$  adalah periode dalam satuan waktu. Sistem yang akan dikembangkan pada alat *function generator* dengan perintegrasikan modul pada alat menggunakan komponen modul on-chip AD9833 yang bisa diprogram oleh computer, lalu disumming bersama dengan VDC menuju ke potensiostat menggunakan kabel kloanksial.

*Function Generator AD9833(Programmable Waveform Generator)* bekerja sebagai pemberi sinyal frekuensi AC berupa sinusoidal ke Potensiostat. Teensy sebagai mikrokontroler akan memerintah AD9833 untuk mengirim sinyal frekuensi sesuai *range* frekuensi yang diinput dari komputer. Kemudian sinyal tersebut akan diterima oleh Teensy lalu dikirimkan ke Potensiostat sebagai sinyal pertubasi dari sumber sinyal *function generator* yang dikirim sebesar 1.865 Vpp. Sinyal tersebut akan diteruskan menuju rangkaian Randles Cell yang dimana rangkaian tersebut digunakan sebagai objek ukur pengganti dari objek ukur elektrokimia dalam pengukuran EIS.

A. Cara Kerja



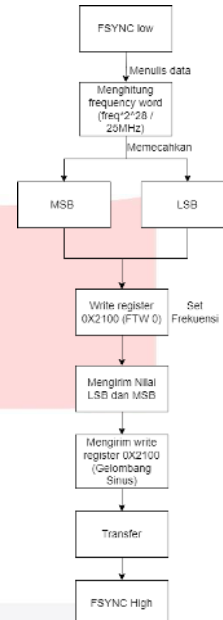
GAMBAR 1

Skematik sistem kerja alat pada *Function Generator*

Komputer dihubungkan Teensy menggunakan USB port dengan input tegangan 3.3 V kemudian Teensy dihubungkan AD9833 dengan menggunakan kabel jumper atau menggunakan jalur PCB, pada pemasangan pin Teensy ke AD9833, 3.3 V di hubungkan VCC dilanjutkan pin GND ke Ground, pin CS (pin 10) ke FS, pin SCK (pin 13) ke CLK, dan pin MOSI (pin 11) ke DAT.

Function Generator dipasang ke PCB bersama potensiostat dan Teensy 4.1 menjadi satu, berfungsi untuk mengantisipasi sinyal gangguan selama proses penginputan sinyal frekuensi serta mengurangi penggunaan kabel jumper pada perangkat. FG dihubungkan ke Potensiostat menggunakan kabel BNC sebagai pengirim sinyal frekuensi AC AD9833 ke

Potensiostat untuk diolah. Sinyal akan diproses potensiostat dengan pengolahan sinyal melalui rangkaian PCB, sinyal mengalami peluruhan sinyal pertubasi AC, yang dimana sinyal ini akan diteruskan kedalam rangkaian *summing* dan diluruhkan.



GAMBAR 2

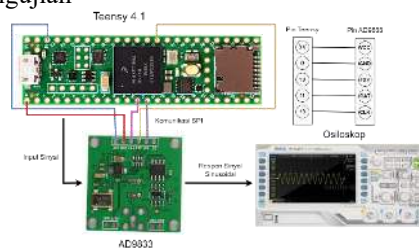
Flowchart Register pada AD9833

Memerikan perintah FSYN Low untuk syarat penulisan register pada AD9833 kemudian menghitung frequency word dengan rumus:

$$Frequency\ Word = \frac{Frequency * 2^{28}}{25 * 10^6} \tag{3}$$

Dari rumus diatas bisa pecahkan sehingga didapatkan nilai MSB dan LSB dengan mengkonversi ke biner lalu dikelompokan nilai biner paling tertinggi pada hasil frequency word akan masuk nilai MSB sedang hasil frequency word nilai biner paling rendah akan dimasukkan pada nilai LSB. Kemudian menulis register 0X2100 untuk membuka 2 operasi frekuensi register, operasi pertama dimulai dengan LSB dan dilanjutkan dengan MSB. Setelah mengirim register LSB dan MSB lalu dilanjutkan membuat gelombang sinusoidal dengan menulis register 0X2000 sehingga muncullah hasil output dari register yang dikirim dari AD9833.

B. Pengujian



GAMBAR 3

Kalibrasi komponen pada *Function Generator* AD9833

Pada pengujian AD9833 menggunakan alat penampil sinyal frekuensi dengan menggunakan osiloskop digital sebagai alat kalibrasi. Osiloskop digital digunakan yaitu Instrustar dengan menggunakan *software* MultiVirAnalyzer sebagai penampil sinyal. Uji sinyal pertubasi AC dari AD9833 dengan melihat selisih error pada frekuensi input asli dengan frekuensi input dari Osiloskop digital.

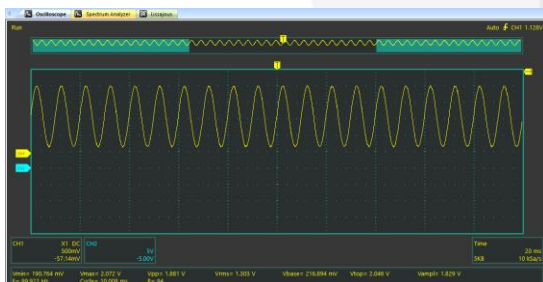
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian AD9833 menggunakan alat penampil sinyal frekuensi dengan menggunakan osiloskop digital. Osiloskop digital digunakan yaitu Instrustar dengan menggunakan *software* MultiVirAnalyzer sebagai penampil sinyal. Uji sinyal pertubasi AC dari AD9833 dengan melihat selisih error pada frekuensi input asli dengan frekuensi input dari Osiloskop digital. Pengujian frekuensi pada rentang kecil sebesar 10 Hz sampai frekuensi besar 50 KHz.



GAMBAR 4  
Pengujian 10 Hz pada tampilan Osiloskop

Grafik di atas adalah hasil yang diperoleh saat menguji frekuensi kecil 10 Hz sebesar 0.945 Hz pada hasil yang ditampilkan Osiloskop Digital dengan error sebesar 0.55%



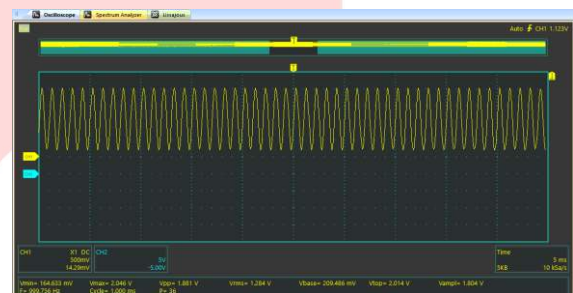
GAMBAR 5  
Pengujian 100 Hz pada tampilan Osiloskop

Grafik di atas adalah hasil yang diperoleh saat menguji frekuensi kecil 100 Hz sebesar 99.922 Hz pada hasil yang ditampilkan Osiloskop Digital dengan error sebesar 0.08%



GAMBAR 6  
Pengujian 500 Hz pada tampilan Osiloskop

Grafik di atas adalah hasil yang diperoleh saat menguji frekuensi kecil 500 Hz sebesar 499.268 Hz pada hasil yang ditampilkan Osiloskop Digital dengan error sebesar 0.15%.



GAMBAR 7  
Pengujian 1000 Hz pada tampilan Osiloskop

Grafik di atas adalah hasil yang diperoleh saat menguji frekuensi kecil 1000 Hz sebesar 999.764 Hz pada hasil yang ditampilkan Osiloskop Digital dengan error sebesar 0.24%.



GAMBAR 8  
Pengujian 5000 Hz pada tampilan Osiloskop

Grafik di atas adalah hasil yang diperoleh saat menguji frekuensi kecil 5000 Hz sebesar 4999 Hz pada hasil yang ditampilkan Osiloskop Digital dengan error sebesar 0.2%.



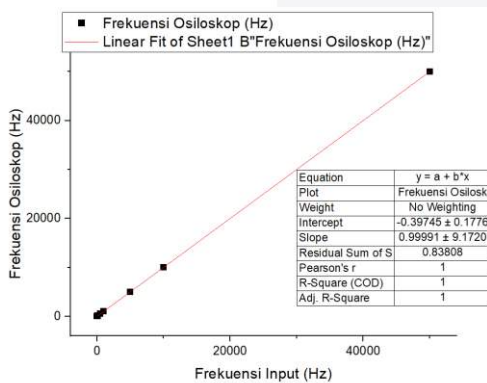
GAMBAR 9  
Penguian 10 KHz pada tampilan Osiloskop

Grafik di atas adalah hasil yang diperoleh saat menguji frekuensi kecil 10 KHz sebesar 9998 Hz pada hasil yang ditampilkan Osiloskop Digital dengan error sebesar 0.2%.



GAMBAR 10  
Penguian 50 KHz pada tampilan Osiloskop

Grafik di atas adalah hasil yang diperoleh saat menguji frekuensi kecil 50 KHz sebesar 49995 Hz pada hasil yang ditampilkan Osiloskop Digital dengan error sebesar 0.1%.



GAMBAR 11  
Hasil Kalibrasi Penguian Function Generator AD9833

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan hasil dan analisis, berbagai frekuensi input yang dihasilkan pada AD9833 dapat disimpulkan dalam beberapa poin dibawah ini :

1. Secara keseluruhan gelombang sinusoidal yang input dengan berbagai frekuensi dapat dipakai dan

hasilnya bisa duji EIS dengan sinyal masuk gelombang sinusoidal dari hasil *function generator* AD9833.

2. Terdapat error rata – rata yang dihasilkan sebesar 0.21% pada rentang frekuensi input 10 Hz sampai 50KHz.

#### REFERENSI

[1] B. T. Mark E. Orazem, "Electrochemical Impedance Spectroscopy," in *Electrochemical Impedance Spectroscopy*, 2008, pp. 1532-1534.

[2] A. Peroff, "Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) Basics," PINE research, 1 April 2023. [Online]. Available: <https://pineresearch.com/shop/kb/theory/eis-theory/eis-basics/>.

[3] D. Kho, "Pengertian Function Generator dan Jenis-jenisnya," *Teknik Elektronika*, [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-function-generator-jenis-generator-fungsi/>.