

PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT SINYAL ELEKTRIK DENGAN ARUS MAKSIMAL 3 AMPERE SERTA PENGATUR BERBASIS MIKROKONTROLER

DESIGN OF ELECTRIC SIGNAL GENERATION SYSTEM WITH MAXIMUM CURRENT 3 AMPERE AND MICROCONTROLLER-BASED ADJUSTMENT

I Wayan Adi Wicaksana¹, Indra Wahyudin Fathona², Asep Suhendi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹adiwicaksana@telkomuniversity.ac.id, ²indrafathonah@telkomuniversity.ac.id,

³Suhendi@telkomuniversity.com

Abstrak

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan pada sistem pembangkit sinyal elektrik dengan arus maksimal mencapai 3 ampere berbasis kontrol digital dengan penerapan mikrokontroler. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan pengaturan gelombang dengan penerapan kontrol digital dan meningkatkan arus keluaran sistem pembangkit gelombang. Peranti pembangkit gelombang menggunakan modul XR2206 yang dapat menghasilkan gelombang elektrik ac dengan bentuk sinusoidal, segitiga dan persegi. Pengaturan nilai frekuensi keluaran dengan mengkondisikan nilai resistor pewaktu dan kapasitor pewaktu, pengaturan nilai resistansi menggunakan potensiometer digital X9C104 dan pengaturan keluaran amplitudo menggunakan potensiometer digital X9C104 sebagai pembagi tegangan, dan pengaturan keluaran bentuk gelombang menggunakan saklar elektronik yang terintegrasi dengan mikrokontroler. Dalam upaya peningkatan arus keluaran sistem maka sistem diintegrasikan dengan penguat daya OCL sehingga memiliki rentang keluaran amplitudo setia gelombang yaitu mulai dari 0 V_{pp} sampai dengan 65 V_{pp}, keluaran frekuensi memiliki rentang 40 Hz sampai dengan 20 kHz dengan arus keluaran maksimum mencapai 3 ampere. Keluaran daya dan rentang keluaran amplitudo pada sistem ini lebih besar jika dibandingkan dengan *function generator* pada umumnya.

Kata kunci : digital, kontrol, arus, pembangkit, sinyal, elektrik

Abstract

In this research, an electrical signal generator system will be developed with a maximum current reaching 3 amperes based on digital control with the application of a microcontroller. This study aims to improve the ability to manage waves by applying digital controls and increasing the output current of the wave generator system. Wave generator devices use the XR2206 module which can produce AC electric waves in sinusoidal, triangular and square shapes. Setting the output frequency value by conditioning the timer resistor and timer capacitor values, setting the resistance value using the X9C104 digital potentiometer and setting the amplitude output using the X9C104 digital potentiometer as a voltage divider, and setting the waveform output using an electronic switch integrated with a microcontroller. In an effort to increase the system output current, the system is integrated with the OCL power amplifier so that it has an output range of faithful amplitude of the waves ranging from 0 V_{pp} to 65 V_{pp}, the output frequency has a range of 40 Hz to 20 kHz with a maximum output current reaching 3 amperes. The power output and output amplitude range in this system is greater than the function generator in general.

Keywords: digital, control, current, generator, signal, electric

1. Pendahuluan

Sistem pengatur digital memiliki keunggulan dalam fleksibilitas peningkatan program pengendali dan pengambilan keputusan atau kemampuan logika digital. Pengatur digital dapat ditunjang dengan teknologi mikrokontroler. Sistem pengatur fisik dengan amplitudo digital yang merupakan penerapan dari pengatur digital sudah umum dan menjadi lebih umum. Hal tersebut dapat ditinjau dari meningkatnya jumlah penerapan pengatur digital seperti beberapa contoh penerapannya, yaitu pilot otomatis pesawat, kendaraan massa-transit, kilang minyak, mesin

pembuatan kertas, mekanisme servo elektromekanis dan pembangkit sinyal elektrik (function generator) [1].

Pembangkit sinyal elektrik adalah sebuah peranti instrumen yang menghasilkan berbagai jenis bentuk gelombang dengan frekuensi dan amplitudo yang dapat diatur. Bentuk-bentuk gelombang pada umumnya adalah gelombang sinus, gelombang segitiga dan gelombang persegi [2]. Pembangkit sinyal elektrik diklasifikasikan menjadi pembangkit sinyal elektrik analog dan digital. Pembangkit sinyal elektrik analog menggunakan komponen elektronik untuk menghasilkan bentuk gelombang dan pengaturan frekuensi, sudut fasa, amplitudo serta bentuk gelombang [3][4], sedangkan pembangkit sinyal elektrik digital memanfaatkan teknologi digital seperti memori digital, gerbang logika, penambah digital, pengganda digital, dan juga alat kontrol waktu untuk menghasilkan bentuk gelombang serta pengaturan frekuensi, amplitudo serta bentuk gelombang [5][6].

XR-2206 merupakan rangkaian terintegrasi pembangkit sinyal elektrik monolitik yang diklasifikasikan menjadi pembangkit sinyal elektrik analog. XR-2206 mampu menghasilkan gelombang sinus, kuadrat, segi tiga, ramp, dan pulsa berkualitas tinggi dengan stabilitas dan akurasi tinggi. Bentuk gelombang keluaran dapat berupa amplitudo dan frekuensi yang dimodulasi oleh tegangan eksternal. Sirkuit ini cocok untuk aplikasi komunikasi, instrumentasi, dan fungsi generator yang membutuhkan nada sinusoidal, AM, FM. Daya keluaran XR-2206 yang rendah menjadi kendala tersendiri dalam pengujian atau pengukuran komponen atau peranti dengan konsumsi daya yang besar seperti transformator *step-up* [8].

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan pembangkit sinyal elektrik dengan modifikasi pengaturan amplitudo, frekuensi dan bentuk gelombang menggunakan mikrokontroler dan meningkatkan spesifikasi arus keluaran hingga satu ampere dengan menambahkan modul penguat daya OCL (output capacitor less) pada modul pembangkit sinyal elektrik XR-2206.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Sinyal Periodik

Suatu sinyal dapat didefinisikan sebagai sinyal periodik jika sinyal $x(t)$ memenuhi persamaan $x(t) = x(t + T)$. T adalah suatu konstanta positif yang menyatakan periode sinyal tersebut. Dalam persamaan (2.1) menunjukkan bahwa sinyal periodik merupakan suatu sinyal yang memiliki nilai yang sama ketika dalam satu periode dan kelipatannya. Nilai T terkecil yang memenuhi persamaan (2.1) disebut sebagai periode dasar. Kebalikan dari T disebut sebagai frekuensi [2].

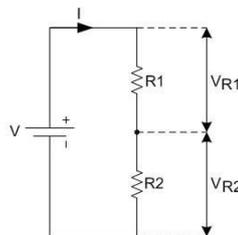
$$f = \frac{1}{T}$$

Frekuensi dinyatakan dalam satuan Hz (hertz) atau siklus per detik. Cara lain menyatakan frekuensi adalah dengan satuan radian per detik yang disebut sebagai frekuensi sudut [2].

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

2.2 Pembagi Tegangan (Voltage Divider)

Rangkaian pembagi tegangan merupakan rangkaian dengan komponen-komponen resistif yang dihubungkan secara seri. Dari rangkaian pada Gambar 2.2 diperoleh persamaan:



Dari gambar diatas didapatkan persamaan pembagi tegangan sebagai berikut:

$$V_{R1} = V \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

2.3 Penguat Daya OCL

Penguatan daya suatu rangkaian penguat dapat ditinjau pada persamaan 2.7. dimana P_o merupakan daya keluaran dari rangkaian penguat dan P_i merupakan daya masukan dari sumber yang akan dikuatkan dayanya [8].

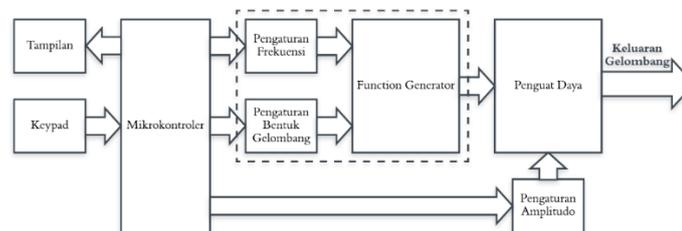
$$A_p = \frac{P_o}{P_i}$$

$$A_p = A_i A_u$$

Daya keluaran dipengaruhi oleh penguatan arus A_i dan penguatan tegangan A_u . Daya arus bolak balik P_o tidak bernilai negatif, oleh karena itu penguatan daya A_p tidak menggunakan tanda minus. Nilai penguatan A_p dapat mencapai penguatan hingga 10^5 peringkat [8]. Pada penelitian ini menggunakan penguat daya OCL dengan penguatan amplitudo mencapai 200 kali penguatan.

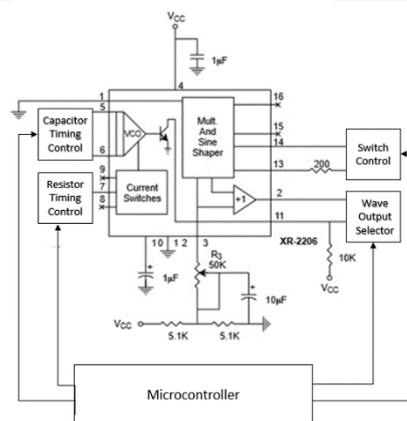
2.1 Blok Diagram Sistem

Secara umum perancangan sistem pembangkit sinyal elektrik dengan arus maksimal 3 ampere serta pengatur berbasis mikrokontroler digambarkan seperti diagram alir pada gambar berikut:

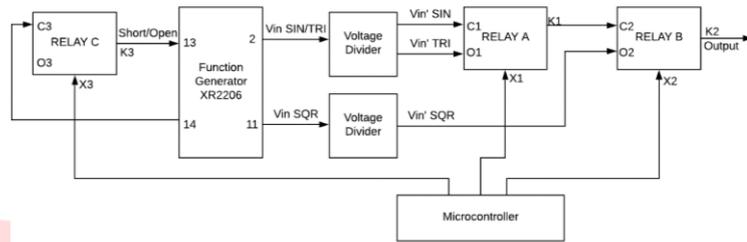


Gambar diatas menunjukkan perancangan dan keterkaitan antara pembangkit sinyal elektrik, kontrol dan penguat daya. Pembangkit sinyal elektrik terintegrasi dengan komponen pengaturan frekuensi dan pengatur bentuk gelombang. Pembangkit sinyal elektrik diatur menggunakan mikrokontroler, mikrokontroler memiliki perangkat pengatur parameter keluaran gelombang dengan papan tombol dan LCD sebagai tampilannya yang berfungsi sebagai *human interface* dengan pengguna. Keluaran gelombang dikuatkan dayanya dengan penguat daya ocl, untuk memvariasikan nilai amplitudo keluaran penguat daya ocl maka digunakan pengaturan amplitudo pada masukan gelombang penguat daya yang dapat diatur melalui mikrokontroler.

2.2 Perancangan Perangkat Keras

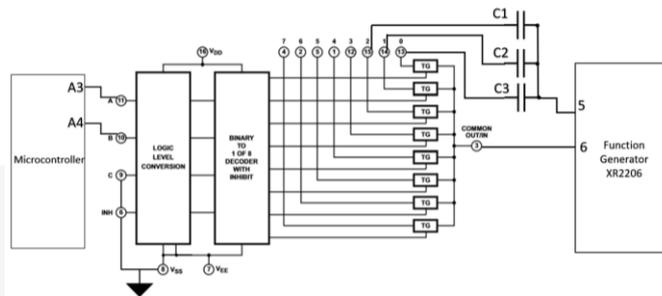


Gambar diatas merupakan modifikasi pengaturan kapasitor pewaktu, pengaturan resistor pewaktu, pengaturan selektor saklar 1 dan pengaturan selektor keluaran gelombang. Modifikasi pengaturan kapasitor pewaktu dan resistor pewaktu merupakan perancangan pengaturan frekuensi secara digital menggunakan mikrokontroler, pengaturan selektor saklar 1 dan pengaturan selektor keluaran gelombang merupakan pengaturan keluaran gelombang juga secara digital dengan mikrokontroler.



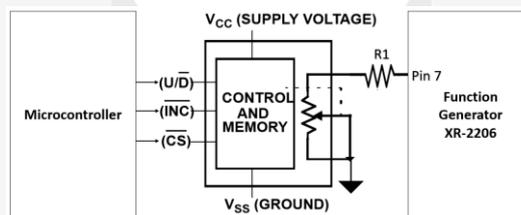
Pada gambar diatas merupakan pengaturan keluaran bentuk gelombang dapat diatur dengan menyesuaikan masukan kondisi tegangan pada pin relai yang termodifikasi, sehingga bentuk keluaran gelombang dapat disesuaikan berdasarkan table dibawah ini.

Pengatur Masukan		Data Masukan			Keluaran
X ₁	X ₂	C ₁	O ₁	O ₂	K ₂
L	L	V _{in} ' Sinus	X	X	V _{in} ' Sin
H	L	X	V _{in} ' Segitiga	X	V _{in} ' Segitiga
X	H	X	X	V _{in} ' Kotak	V _{in} ' kotak



Pada gambar di atas merupakan perancangan pengaturan keluaran nilai frekuensi yang dapat diatur dengan menyesuaikan nilai kapasitor pewaktu dengan demultiplexer CD4051B sehingga nilai keluaran frekuensi gelombang dapat disesuaikan berdasarkan table dibawah ini [10].

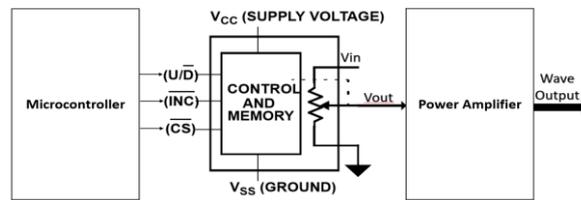
Selektor			Kanal yang terhubung
A	B	C	
L	L	L	C ₁ dengan Pin 6
H	L	L	C ₂ dengan Pin 6
L	H	L	C ₃ dengan Pin 6



Pada gambar diatas merupakan perancangan pengaturan keluaran nilai frekuensi yang dapat diatur dengan menyesuaikan nilai resistor pewaktu. Resistor pewaktu menggunakan perangkat potensiometer digital X9C104 dengan prinsip kerja perubahan resistansi berdasarkan jumlah *clock* yang diberikan pada pin INC sehingga nilai keluaran frekuensi gelombang dapat disesuaikan berdasarkan persamaan frekuensi osilasi sebagai berikut [7][11]:

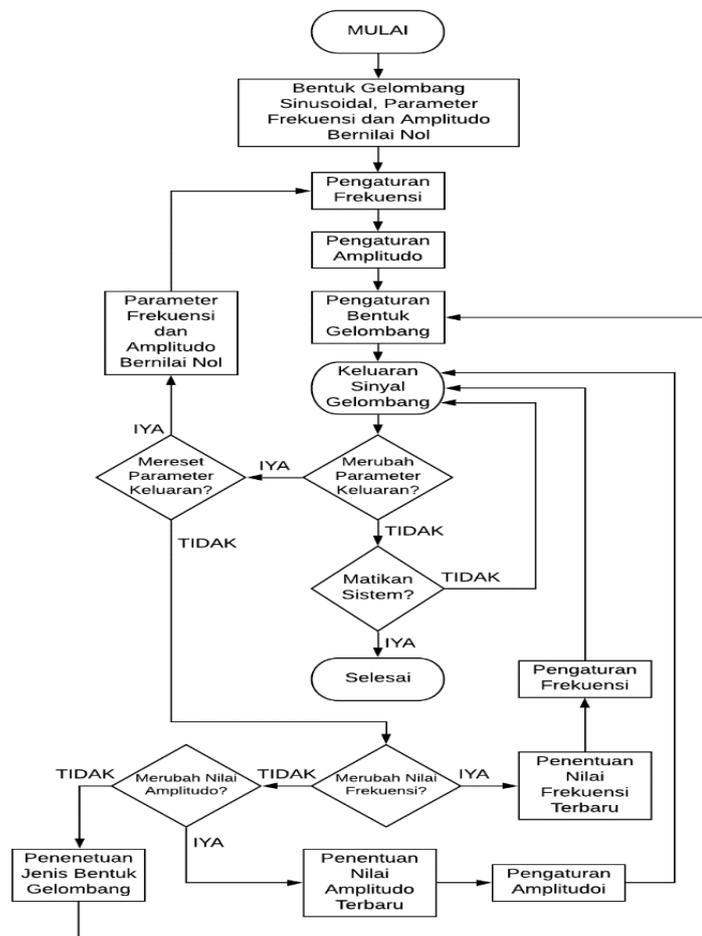
$$f_o = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

Berdasarkan persamaan tersebut nilai keluaran frekuensi dapat diatur dengan mengkondisikan kapasitansi kapasitor pewaktu dan resistansi resistor pewaktu.



Pada gambar diatas merupakan perancangan pengaturan keluaran nilai amplitudo yang dapat diatur dengan menyesuaikan nilai resistor pembagi tegangan, dimana resistor pembagi tegangan menggunakan perangkat potensiometer digital X9C104. Setiap perubahan resistansi dikendalikan melalui mikrokontroler.

2.3 Perancangan Perangkat Lunak



Sistem dimulai dengan pengaturan parameter gelombang mulai dari nilai frekuensi, nilai amplitudo dan bentuk gelombang. Setiap proses pengaturan parameter memiliki algoritmanya masing-masing sesuai dengan perancangan perangkat kerasnya. Perubahan nilai parameter dapat dilakukan secara terpisah sehingga setiap parameter bisa dirubah sesuai dengan nilai acuan yang diinginkan. Sistem akan terus berulang dengan keluaran gelombang yang berkelanjutan dan sistem akan berhenti ketika sistem dimatikan.

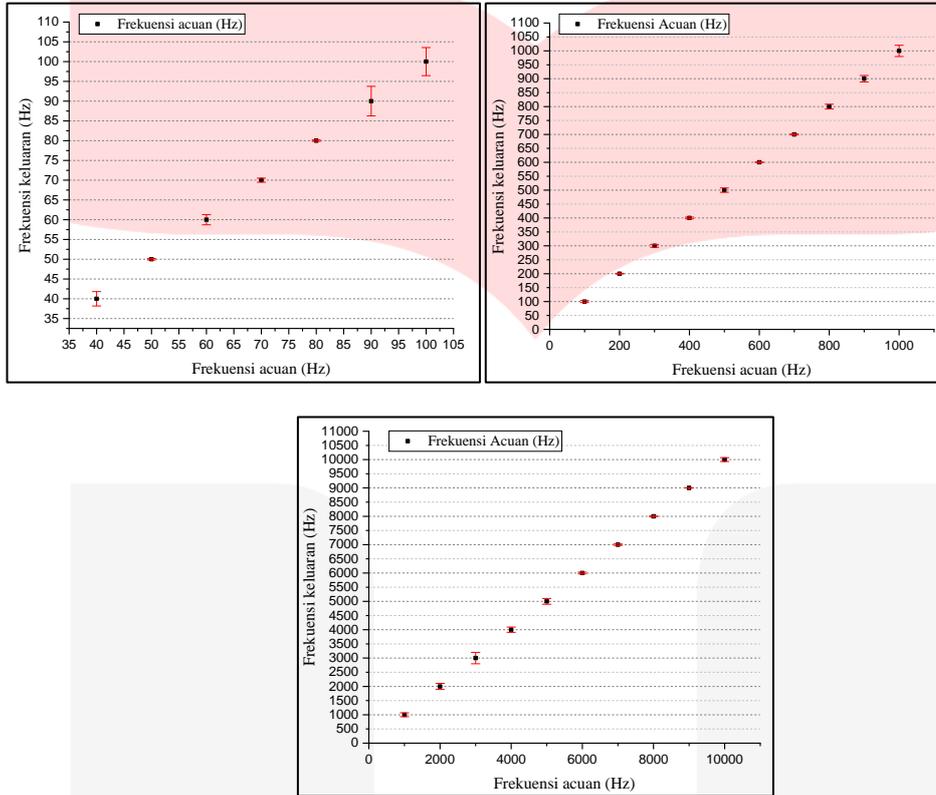
2.4 Metode Pengujian

Pada perancangan membutuhkan nilai karakteristik setiap parameter keluaran yang diujikan nilai ketepatannya berdasarkan nilai parameter tujuan dan hasil keluaran. Pengujian ketepatan nilai keluaran sistem yang akan diuji antara lain adalah keluaran frekuensi, keluaran amplitudo, keluaran bentuk gelombang dan daya keluaran sistem.

Dalam pengujian nilai keluaran sistem memerlukan alat ukur yang dapat menjadi acuan pengukuran ketepatan nilai keluaran sistem. Pada penelitian ini menggunakan alat ukur osilaskop sebagai pendeteksi nilai keluaran amplitudo, frekuensi dan bentuk gelombang, dan ampere meter sebagai alat ukur nilai keluaran arus. Keluaran sistem akan dikarakteristik nilai ketepatannya dan rentang maksimum keluaran sistem.

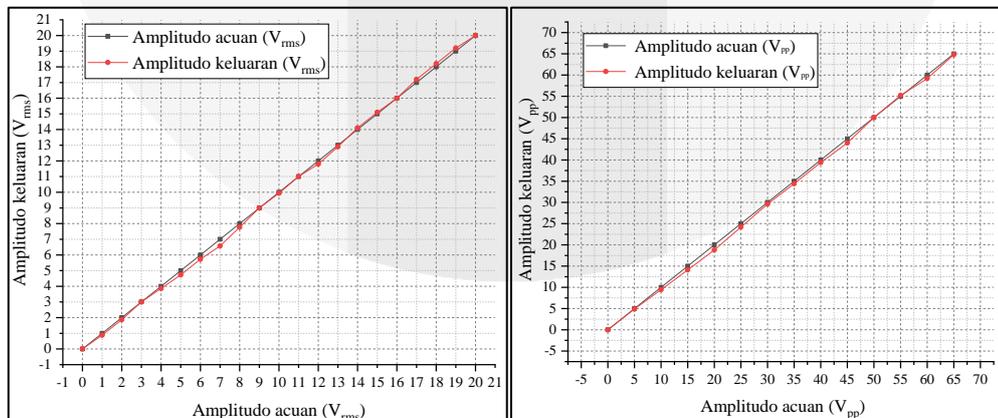
3. Hasil dan Analisis

3.1 Hasil Pengujian Frekuensi



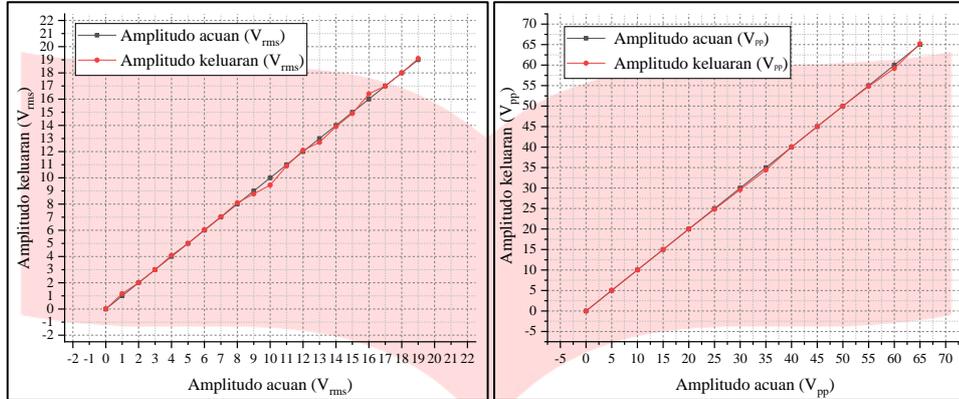
Pengaturan keluaran gelombang berbasis mikrokontroler keluaran frekuensi pada sistem dari rentang 40 Hz sampai dengan 20 kHz memiliki nilai bias keluaran frekuensi tertinggi pada frekuensi 17000 Hz dengan nilai bias 825 Hz dan bias terendah pada keluaran frekuensi 50 Hz dengan nilai bias 0,1895 Hz. Nilai rata-rata galat sebesar 5,91086 % dengan nilai galat terendah sebesar 2,8279 % pada frekuensi 8000 Hz dan nilai galat tertinggi sebesar 15,24028% pada frekuensi 2000 Hz.

3.2 Hasil Pengujian Amplitudo



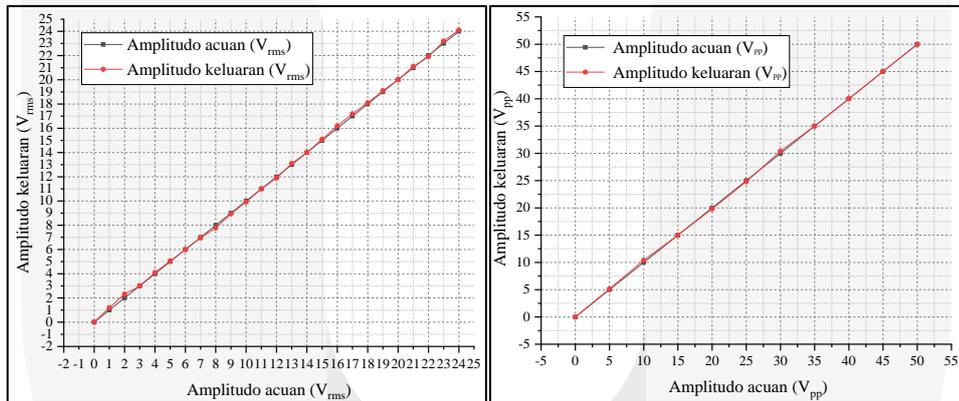
Gambar grafik keluaran amplitudo gelombang sinusoidal

Gambar diatas menunjukkan nilai keluaran amplitudo yang mendekati nilai amplitudo acuan pada rentang 0 sampai dengan 20 V V_{rms} dengan nilai rata-rata galat sebesar 0,13 V V_{rms} , dengan nilai galat tertinggi pada keluaran 7 V pada nilai galat 0,43 V. dan pada rentang 0 sampai dengan 65 V V_{pp} nilai rata-rata galat sebesar 0,52 V V_{pp} , dengan nilai galat tertinggi pada keluaran 15 V pada nilai galat 0,9 V.



Gambar grafik keluaran amplitudo gelombang segitiga

Gambar diatas menunjukkan nilai keluaran amplitudo yang mendekati nilai amplitudo acuan dengan pada rentang 0 sampai dengan 19 V V_{rms} nilai rata-rata galat sebesar 0,12 V_{rms} , dengan nilai galat tertinggi pada keluaran 10 V dengan nilai galat 0,55 V dan dan pada rentang 0 sampai dengan 65 V V_{pp} nilai keluaran amplitudo yang mendekati nilai amplitudo acuan dengan nilai rata-rata galat sebesar 0,17 V_{pp} , dengan nilai galat tertinggi pada keluaran 60 V dengan nilai galat 0,8 V.



Gambar grafik keluaran amplitudo gelombang kotak

Gambar diatas menunjukkan nilai keluaran amplitudo yang mendekati nilai amplitudo acuan pada rentang 0 sampai dengan 24 V V_{rms} dengan nilai rata-rata galat sebesar 0,09 V V_{rms} , dengan nilai galat tertinggi pada keluaran 2 V dengan nilai galat 0,32 V dan pada rentang 0 sampai dengan 50 V V_{pp} nilai keluaran amplitudo yang mendekati nilai amplitudo acuan dengan nilai rata-rata galat sebesar 0,52 V V_{pp} , dengan nilai galat tertinggi pada keluaran 40 V dengan nilai galat 1.2 V.

3.3 Hasil Pengujian Pengeluaran Daya

Pengujian keluaran daya pada sistem pembangkit menggunakan beban resistif dengan nilai resistansi 3.7 Ω . Pengujian dilakukan pada setiap bentuk gelombang dan frekuensi yang divariasikan, hasil pengujian terdapat pada tabel dibawah.

Frekuensi	Bentuk Gelombang					
	Sinusoidal		Segitiga		Kotak	
	V_{rms}	I_{rms}	V_{rms}	I_{rms}	V_{rms}	I_{rms}
400 Hz	14,9	2,751	14,7	2,714	14,6	3,089
1 kHz	15	2,802	14	3,5	14,5	3,115
5 kHz	14,8	2,802	14,7	2,79	15,1	3,29
10 kHz	15,5	3,024	15	2,875	14,8	3,248

Berdasarkan tabel diatas didapatkan daya tertinggi pada gelombang sinusoidal mencapai $46.5 W_{rms}$, keluaran daya tertinggi pada gelombang segitiga mencapai $42.5 W_{rms}$, dan keluaran daya tertinggi pada gelombang kotak mencapai $47.36 W_{rms}$, ketiga keluaran daya tertinggi tersebut dicapai pada kondisi keluaran frekuensi 10 kHz. Serta rata-rata keluaran daya setiap gelombang lebih dari $40 W_{rms}$.

4. Kesimpulan

Dalam perancangan sistem pembangkit gelombang satu fasa arus kuat dengan pengaturan berbasis mikrokontroler mendapatkan simpulan sebagai berikut :

1. Pengaturan keluaran gelombang berbasis mikrokontroler keluaran frekuensi pada sistem dari rentang 40 Hz sampai dengan 20 kHz memiliki nilai bias keluaran frekuensi tertinggi pada frekuensi 17000 Hz dengan nilai bias 825 Hz dan bias terendah pada keluaran frekuensi 50 Hz dengan nilai bias 0,1895 Hz. Nilai rata-rata galat sebesar 5,91086 % dengan nilai galat terendah sebesar 2,8279 % pada frekuensi 8000 Hz dan nilai galat tertinggi sebesar 15,24028% pada frekuensi 2000 Hz.
2. Range keluaran frekuensi sistem senilai 40 Hz s/d 20 kHz lebih rendah jika dibandingkan dengan range keluaran fekuensi pada pembangkit sinyal elektrik secara umum.
3. Keluaran amplitudo sistem mencapai 0 V Vpp s/d 65 v Vpp pada dengan pengujian tanpa beban lebih tinggi jika dibandingkan dengan range keluaran pada pembangkit sinyal elektrik secara umum dengan range keluaran amplitudo 0 V Vpp s/d 20 V Vpp.
4. Keluaran arus maksimum pada sistem mencapai 3 ampere pada impedansi 3.7Ω .

Daftar Pustaka:

- [1] G. F. Franklin, J. D. Powell, M. L. Workman, Digital Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley Publishing Company, Inc 2nd ed.,1990,"
- [2] Z.Sun, X. Du, F. Wang, P. Yan., "The Design of Function Signal Generator Based on Delphi and ARM", Soft Computing in Information Communication Technology, 2013, AISC 158, pp. 53–60.
- [3] Derre et al., , "Analog Function Generator", 1974, United States Patent (19).
- [4] Gilbert., "High-Accuracysine-Function Generator", 1984, United States Patent (19).
- [5] Zorn., "Variable Increment Digital Function Generator", 1973, United States Patent (19).
- [6] Staley., "Digital Function Generator", 1976, United States Patent (19).
- [7] EXAR Corporation., June 1997, "Datasheet XR-2206"
- [8] Ir. E. Setiawan., "Rangkaian-Rangkaian Penguat Elektronik", Bandung: Binacipta, 1986
- [9] Ratnadewi, A. Priyono, Y. Susanthi, "Dasar-Dasar Rangkaian Listrik", Oktober 2015, Bandung, Lembaga penerbitan Alfabeta Bandung
- [10] Texas Instrumen., September 2017 "Datasheet CD4051B"
- [11] Renesas Electronic Corporation., 11 Januari 2019., "Datasheet X9C104"