

Pembangkit Gelombang Terprogram Menggunakan DDS AD9851 Berbasis Mikrokontroler 18F4550

Wisnu Adji Kharisma dan Hidayat Nur Isnianto
 Program Diploma Teknik Elektro, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada
 Jln. Yacarana Sekip, Unit IV, Yogyakarta 55281
 e-mail: hnisnianto@gmail.com

Abstrak—*Direct Digital Synthesizer (DDS)* menerapkan metode pembangkit gelombang analog secara digital dengan cara membangkitkan sinyal digital yang berubah-ubah terhadap waktu kemudian diubah kedalam bentuk analog menggunakan *digital to analog converter (DAC)*. IC AD9851 merupakan pembangkit gelombang analog yang menerapkan metode DDS, dimana frekuensi yang dibangkitkannya dapat diubah sesuai kebutuhan penggunaanya. Sinyal digital dihasilkan menggunakan mikrokontroler PIC 18F4550 karena mikrokontroler ini telah memiliki fitur *USB full-speed 2.0* untuk antarmuka dengan komputer melalui USB tanpa memerlukan *driver* khusus untuk melakukan komunikasinya. Pengaturan frekuensi dapat dilakukan melalui tombol keypad ataupun diprogram melalui komputer. Penelitian ini bertujuan membangkitkan gelombang sinus dan kotak. Hasil pengujian pembangkit ragam gelombang ini adalah rentang frekuensi yang dihasilkan dari 100 Hz hingga 30 MHz berupa gelombang sinus dengan amplitudo 430 mV dan gelombang kotak dengan amplitudo 4,125 V.

Kata kunci: *DDS, AD9851, PIC 18F4550, USB, pembangkit gelombang*

Abstract—*Direct Digital Synthesizer (DDS)* applies a method to generate an analog waveform in a digital manner, which is formed by generating a digital signal that varies with time and converting it into analog form using a digital to analog device (DAC). IC AD9851 is an analog waveform generator to implement the DDS method, which generates a frequency that can be changed according to the needs of its users. The digital signal is generated using a PIC 18F4550 microcontroller that has a full-speed USB 2.0 feature to interface with the computer via USB without the need of special drivers to do the communication. Setting of the output frequency can be done via the keypad or buttons programmed via computer. The test results are a wide range of frequency waves produced from 100 Hz to 30 MHz in the form of a sine wave with an amplitude of 430 mV and a square wave with an amplitude of 4,125 V.

Keywords: *DDS, AD9851, PIC 18F4550, USB, function generator*

I. PENDAHULUAN

Sintesa frekuensi banyak digunakan pada sistem komunikasi antara lain pada *radio receiver*, sistem GPS, *handphone*, *radiophone*, *walkie-talkies*, radio komunikasi untuk CB, *satellite receiver*, *clock generator*, modulasi FM, dan masih banyak lagi [1].

Saat ini metode sintesa frekuensi menggunakan teknik digital (*Direct Digital Synthesis*–DDS) yaitu dengan memori data yang dicuplik dengan kecepatan dan interval tertentu sehingga menghasilkan frekuensi yang diinginkan [2]. Akurasi frekuensi yang dihasilkan sangat penting karena jika terjadi pergeseran frekuensi dari yang diharapkan akan menyebabkan terjadinya gangguan [2].

II. LATAR BELAKANG

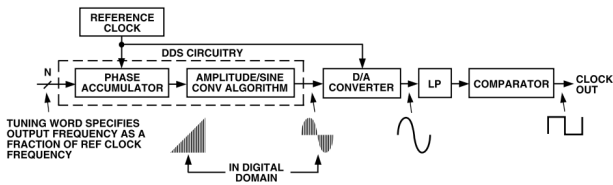
Rahim dkk. membuat generator fungsi menggunakan metode DDS untuk membangkitkan gelombang pada tomografi jenis kapasitif dengan pengaturan frekuensi dan amplitudo melalui komputer [3]. Kamboj dan Mehra

mengimplementasikan FPGA sebagai pengatur memori data pencuplikan dengan kecepatan tinggi untuk DDS yang beroperasi pada frekuensi 116,2 MHz–146,5 MHz [4]. Mandaliya dkk. membuat generator fungsi dengan metode DDS yang dikendalikan melalui mikrokontroler Atmel 89S52 [5]. Liu dan Qiu (2013) membuat pembangkit sinyal RF (*Radio Frequency*) pada frekuensi 0-200MHz yang dengan dibangkitkan dengan metode DDS memiliki resolusi dan stabilitas yang mantap [6].

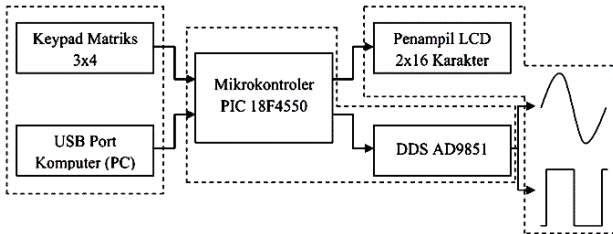
Direct Digital Synthesizer (DDS) adalah sebuah metode untuk menghasilkan sinyal sinus analog yang berubah-ubah terhadap waktu dengan menggunakan fasilitas *digital to analog converter (DAC)*. Blok diagram DDS seperti pada Gambar 1 [7].

DDS terdiri dari frekuensi *clock* sebagai referensi, *Address Counter*, PROM dan DAC. *Address Counter* untuk mengakses lokasi memori pada PROM dan memuat kesetaraan *word amplitude* sinyal sinus yang akan dikirim ke DAC. Pengaturan frekuensi keluaran DDS ditentukan oleh nilai *tuning word* [7].

PROM digunakan untuk menyimpan informasi



Gambar 1. Konstruksi DDS



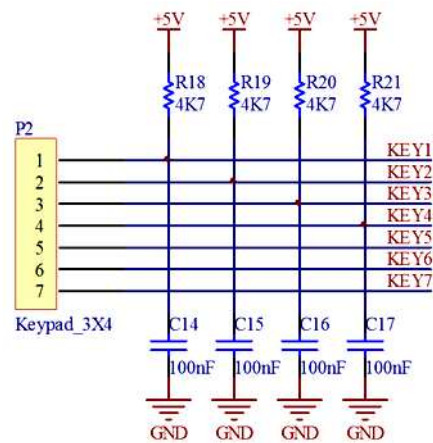
Gambar 2. Blok diagram sistem yang direncanakan

amplitudo digital yang sesuai dengan siklus gelombang sinus dalam bentuk tabel. Data gelombang sinus yang akan dikeluarkan dipilih dengan cara mengamati memori PROM kemudian disajikan pada DAC kecepatan tinggi untuk menghasilkan gelombang sinus analog [7].

Frekuensi keluaran dari DDS ini tergantung pada frekuensi *clock* referensi dan kecepatan pembacaan data PROM, sehingga frekuensi *output* hanya dapat diubah dengan mengubah *clock* referensi atau dengan memprogram ulang PROM [7].

III. METODE

Pembangkit frekuensi terprogram yang dibuat terdiri dari unit masukan USB konektor yang berfungsi untuk mengendalikan perangkat dari komputer (PC) dan *keypad* untuk pengaturan secara langsung. Unit kendali berupa mikrokontroler PIC 18F4550 dan DDS AD9851 sebagai pembangkit frekuensi. Unit keluaran terdiri dari penampil LCD dan konektor untuk *output* gelombang sinus dan kotak. Blok diagram sistem yang direncanakan seperti pada Gambar 2.



Gambar 3. Skematik keypad matriks 3x4

A. Keypad Matriks 3x4

Keypad digunakan untuk memasukkan nilai frekuensi yang ingin dibangkitkan. Rangkaianya seperti pada Gambar 3.

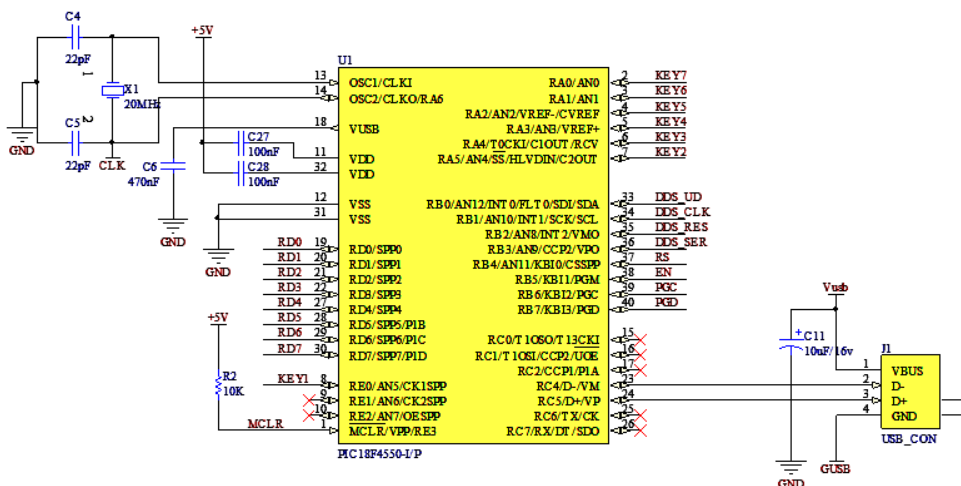
B. Mikrokontroler PIC 18F4550

PIC 18F4550 berfungsi memproses data dari unit masukan (*input*) untuk selanjutnya mengirimkan data hasil perhitungan dan pemrosesan tersebut kepada unit pembangkit frekuensi dan penampil LCD sebagai indikator antarmuka antara perangkat dengan pengguna. Rangkaianya diperlihatkan pada Gambar 4.

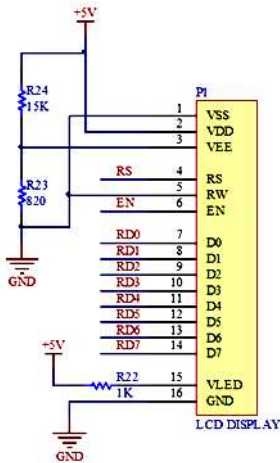
Pada mikrokontroler PIC 18F4550 memiliki fasilitas komunikasi USB pada pin 23 dan 24 yang digunakan sebagai komunikasi dengan perangkat *port* USB komputer [8,10,11,12].

C. Penampil LCD 2x16

Penampil ini digunakan agar informasi dari perangkat dapat dengan mudah dilihat dan dibaca. Rangkaianya seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Rangkaian mikrokontroler PIC 18F4550



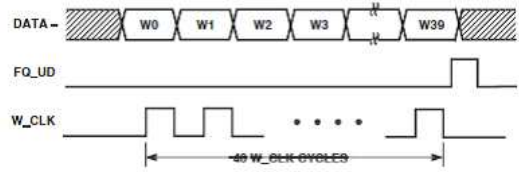
Gambar 5. Rangkaian penampil LCD 2x16

D. Direct Digital Synthesis (DDS) AD9851

DDS AD9851 digunakan untuk membangkitkan frekuensi secara digital yang berupa gelombang sinus dan gelombang kotak dari frekuensi 10 Hz–30 MHz tanpa rangkaian tapis (*filter*) pada bagian *output*-nya. Untuk membangkitkan frekuensi sesuai dengan nilai frekuensi yang diinginkan perlu diatur nilai *Frequency Tunning Word* (FTW) yang dirumuskan sesuai Persamaan 1 [9].

$$F_{out} = \frac{Freq \cdot \Delta\phi}{2^N} \quad (1)$$

dengan F_{out} adalah nilai frekuensi yang akan dibangkitkan (Hz). $Freq$ adalah nilai frekuensi *system clock* DDS AD9851. 2^N adalah nilai pembagi dimana N adalah jumlah bit *accumulator fasa* (pada AD9851 jumlah bit *accumulator fasa* yang digunakan adalah 32), dan $\Delta\phi$ adalah nilai *frequency tuning word* dari frekuensi yang



Gambar 7. Diagram waktu pengiriman data mode serial

akan dibangkitkan. Rangkaian pembangkit frekuensi seperti pada Gambar 6.

Data FTW dikirim secara serial dengan cara mengirimkan ke-40 data biner dari nilai FTW kedalam AD9851, *rising edge* dari DDS_CLK akan menggeser dan memberikan nilai 1 bit pada DDS_SER dan akan langsung mengisi satu nilai di dalam *register* FTW AD9851. Pengiriman data FTW dilakukan dengan mengisi *register* W0 sampai *register* W39. Mode pengisian *register* tersebut dimulai dengan mengisi LSB dan berakhir pada MSB. Diagram pewaktuan pengiriman mode *serial* dapat dilihat pada Gambar 7 [9]. Diagram alir program mikrokontroler (*firmware*) seperti pada Gambar 8.

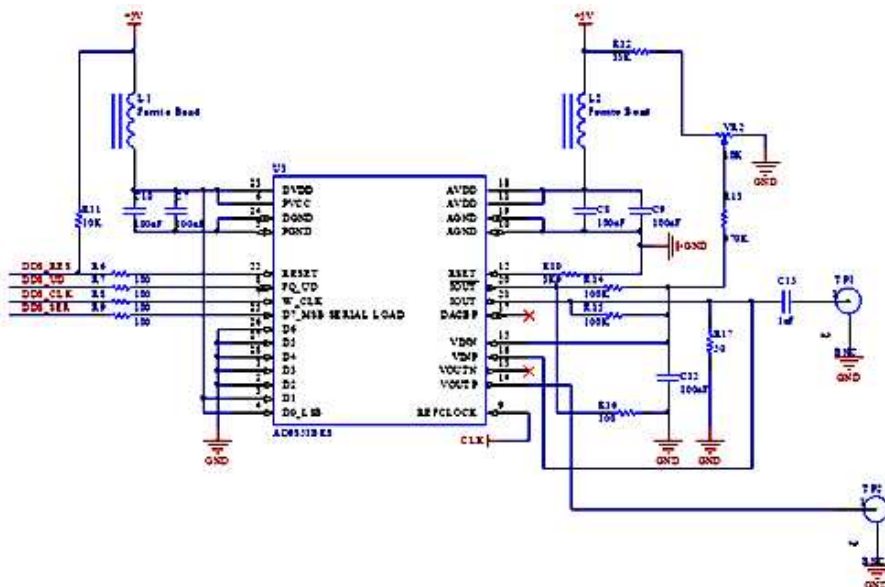
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilihan Menu

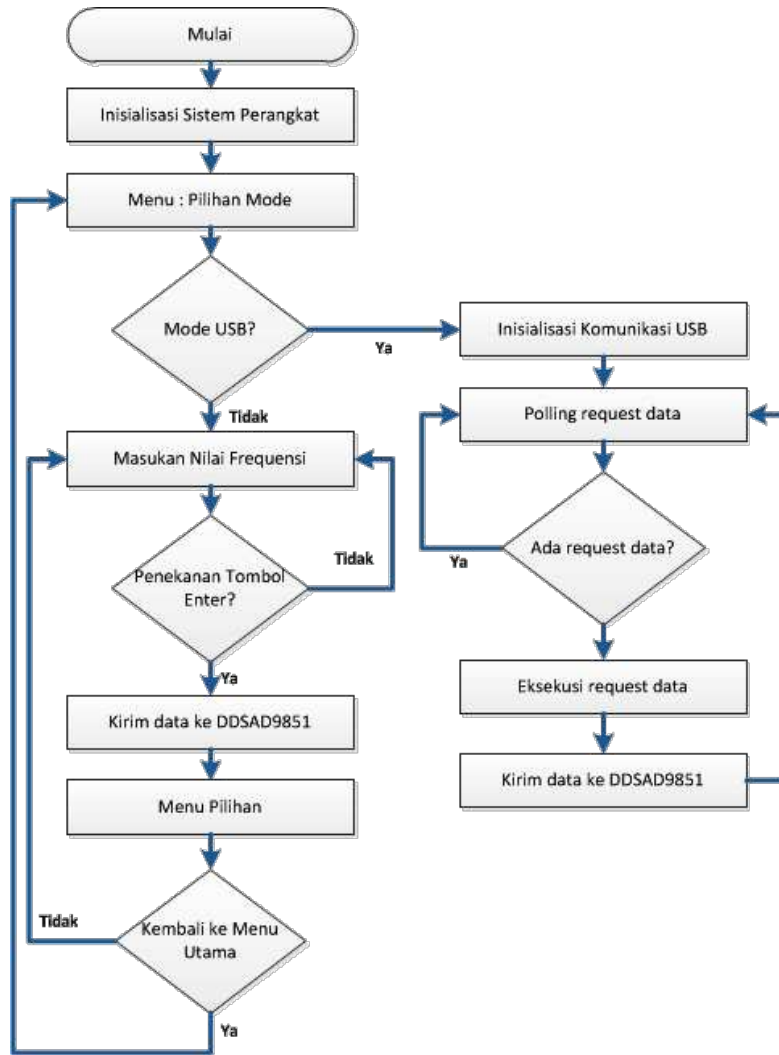
Pembacaan *keypad* untuk menentukan mode pilihan yaitu tombol 1 untuk memasuki mode modul atau tombol 2 untuk mode komunikasi USB dengan komputer. Tampilan menu awal terlihat pada Gambar 9.

Apabila dipilih 1, maka program akan memasuki tampilan untuk pengisian nilai frekuensi yang akan dibangkitkan. Gambar 9 menunjukkan ketika program sedang berada pada keadaan menu pilihan.

Menu awal tombol 2 ditekan, maka perangkat akan memasuki mode komunikasi USB antara perangkat dengan komputer. Pada mode komunikasi ini program



Gambar 6. Rangkaian DDS AD9851

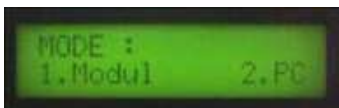


Gambar 8. Diagram alir program mikrokontroler

pertama-tama akan melakukan inisialisasi USB agar perangkat dikenali oleh komputer. Jika telah terhubung dengan komputer akan ditampilkan pesan seperti pada Gambar 11.

Pada sisi komputer perlu adanya sebuah perangkat lunak yang dapat menangani sistem antarmuka pengguna dengan perangkat dengan maksud untuk mempermudah pengguna untuk mengakses perangkat dari sisi komputer. Program aplikasi seperti pada Gambar 12 [13].

B. Pengujian Gelombang Sinus



Gambar 9. Menu utama perangkat



Gambar 10. Menu pilihan perangkat

Pada pengujian gelombang ini diambil beberapa frekuensi yang mewakili rentang frekuensi rendah, menengah, dan tinggi, yaitu 500 Hz, 500 KHz, dan 20 MHz.

1. Hasil Pengujian Frekuensi 500 Hz

Hasil pengujian untuk frekuensi keluaran 500 Hz gelombang sinus seperti pada Gambar 13. Pada Gambar 13.a merupakan hasil pembangkitan frekuensi 500 Hz, Gambar 13.b memperlihatkan nilai frekuensi yang diukur menggunakan osiloskop diperoleh nilai sebesar 497,5 Hz dengan bentuk gelombang sinus. Prosentase kesalahannya sebesar 0,5%.

2. Hasil Pengujian Frekuensi 500 KHz

Hasil pengujian untuk frekuensi keluaran 500 KHz gelombang sinus seperti pada Gambar 14. Pada Gambar



Gambar 11. Program menampilkan tulisan pada LCD



Gambar 12. Program aplikasi komputer

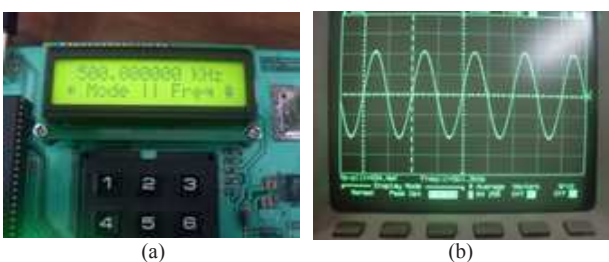
14.a merupakan hasil pembangkitan frekuensi 500 KHz, Gambar 14.b memperlihatkan nilai frekuensi yang diukur menggunakan osiloskop diperoleh nilai sebesar 501,3 KHz dengan bentuk gelombang sinus. Prosentase kesalahannya sebesar 0,26%.

3. Hasil Pengujian Frekuensi 20 MHz

Hasil pengujian untuk frekuensi keluaran 20 MHz gelombang sinus seperti pada Gambar 15. Pada Gambar 15.a merupakan hasil pembangkitan frekuensi 20 MHz, Gambar 15.b memperlihatkan nilai frekuensi yang diukur menggunakan osiloskop diperoleh hasil sebesar 20 MHz dengan bentuk gelombang sinus. Prosentase kesalahan sebesar 0%. Hasil pembangkitan frekuensi berbentuk gelombang sinus dengan rentang frekuensi dari 0 Hz hingga 30 MHz seperti pada Tabel 1.



Gambar 13. (a) Frekuensi masukan 500 Hz; (b) Bentuk gelombang keluaran AD9851



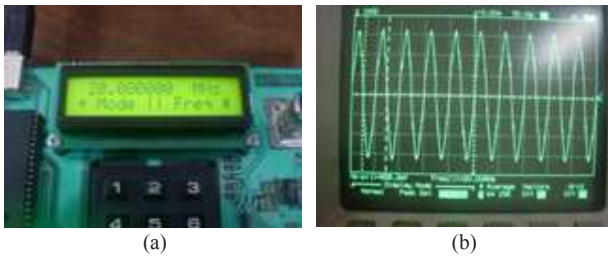
Gambar 14. (a) Frekuensi masukan 500 KHz; (b) Bentuk gelombang keluaran AD9851

Tabel 1 Data hasil pengujian gelombang sinus dengan rentang frekuensi 100 Hz hingga 30 MHz

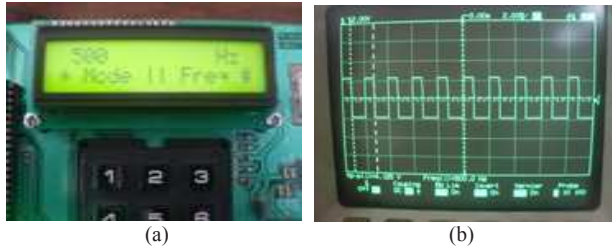
No.	Frekuensi Pembangkit Perangkat (Hz)	Frekuensi Pembacaan Osiloskop (Hz)	Error (%)	Amplitudo (mV)
1	100	101,5	1,500	287,5
2	200	200,0	0,000	375
3	300	300,8	0,267	400
4	400	400,0	0,000	412,5
5	500	497,5	0,500	440
6	600	598,8	0,200	418,8
7	700	699,3	0,100	418,8
8	800	800,0	0,000	425
9	900	900,0	0,000	425
10	1000	1000,0	0,000	425
11	2000	2000,0	0,000	431,2
12	3000	3030,0	1,000	431,2
13	4000	4000,0	0,000	443
14	5000	5000,0	0,000	443
15	6000	6061,0	1,017	443
16	7000	7007,0	0,100	431
17	8000	8000,0	0,000	431,2
18	9000	9009,0	0,100	431,2
19	100000	100000,0	0,000	431,2
20	200000	200000,0	0,000	431,2
21	300000	300800,0	0,267	431,2
22	400000	400000,0	0,000	431,2
23	500000	501300,0	0,260	431,2
24	600000	606100,0	1,017	431,2
25	700000	701800,0	0,257	431,2
26	800000	800000,0	0,000	431,2
27	900000	900900,0	0,100	431,2
28	1000000	1000000,0	0,000	431,2
29	2000000	2000000,0	0,000	431,2
30	3000000	3003000,0	0,100	431,2
31	4000000	4000000,0	0,000	431,2
32	5000000	5000000,0	0,000	440
33	6000000	6000640,0	0,011	440
34	7000000	7004200,0	0,060	440
35	8000000	8000000,0	0,000	445
36	9000000	9091000,0	1,011	481,3
37	10000000	10000000,0	0,000	484,4
38	11000000	10999000,0	0,009	509,4
39	20000000	20000000,0	0,000	565,5
40	30000000	30008000,0	0,027	462,5

C. Pengujian Gelombang Kotak

Pengujian gelombang ini diambil beberapa frekuensi yang mewakili range frekuensi rendah, menengah, dan tinggi yaitu 500 Hz, 500 KHz, dan 20 MHz.



Gambar 15. (a) Frekuensi masukan 20 MHz; (b) Bentuk gelombang keluaran AD9851



Gambar 16 (a) Frekuensi masukan sebesar 500 Hz; (b) Bentuk gelombang keluaran AD9851

1. Hasil Pengujian Frekuensi 500 Hz

Hasil pengujian untuk frekuensi keluaran 500 Hz gelombang sinus seperti pada Gambar 16. Gambar 16.a merupakan hasil pembangkitan frekuensi 500 Hz, Gambar 16.b memperlihatkan nilai frekuensi yang diukur menggunakan osiloskop menunjukkan nilai sebesar 500 Hz dengan bentuk gelombang kotak. Prosentase kesalahannya sebesar 0%.

2. Hasil Pengujian Frekuensi 500 KHz

Hasil pengujian untuk frekuensi keluaran 500 KHz gelombang sinus seperti ditunjukkan pada Gambar 17. Gambar 17.a merupakan hasil pembangkitan frekuensi 500 KHz, Gambar 17.b memperlihatkan nilai frekuensi yang diukur menggunakan osiloskop yang memperlihatkan nilai sebesar 500 KHz dengan bentuk gelombang kotak. Namun pada frekuensi ini gelombang kotak yang dihasilkan tidak sempurna. Di samping itu juga terdapat *noise*. Hasil perhitungan prosentase kesalahan yang didapatkan adalah sebesar 0%.

3. Hasil Pengujian Frekuensi 20 MHz

Hasil pengujian untuk frekuensi keluaran 20 MHz gelombang sinus seperti pada Gambar 18. Pada Gambar 18.a merupakan hasil pembangkitan frekuensi 20 MHz, Gambar 18.b memperlihatkan nilai frekuensi yang diukur menggunakan osiloskop yang memperlihatkan hasil sebesar 20 MHz dengan bentuk gelombang kotak.

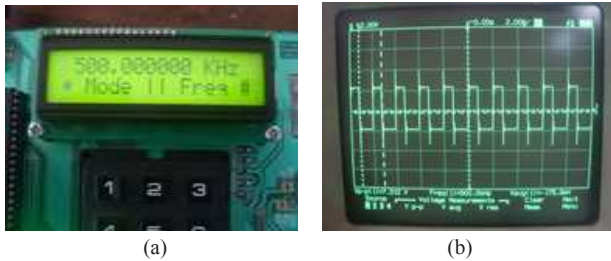
Gelombang kotak yang dihasilkannya tidak sempurna, dikarenakan keluaran hasil pembangkitan AD9851 tidak melalui rangkaian tapis (*filter*) sehingga gelombang keluarannya adalah gelombang asli yang dapat dibangkitkan oleh DDS AD9851. Prosentase kesalahannya sebesar 0%.

Hasil pengujian untuk pembangkitan gelombang kotak

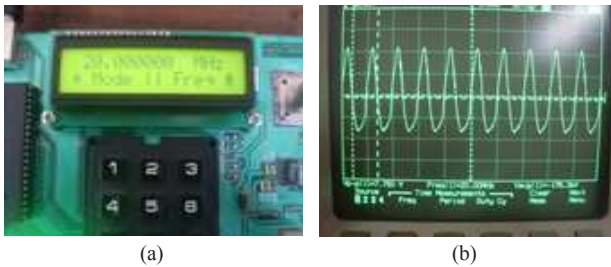
Tabel 2 Data hasil pengujian gelombang kotak dengan rentang frekuensi 100 Hz hingga 30 MHz

No.	Frekuensi Pembangkit Perangkat (Hz)	Frekuensi Pembacaan Osiloskop (Hz)	Error(%)	Amplitudo
1	100	100,0	0,000	4,312
2	200	200,0	0,000	4,188
3	300	300,3	0,001	4,125
4	400	400,0	0,000	4,188
5	500	500,0	0,000	4,125
6	600	598,8	0,002	4,125
7	700	699,3	0,001	4,125
8	800	800,0	0,000	4,125
9	900	900,9	0,001	4,125
10	1000	1000,0	0,000	4,125
11	2000	2000,0	0,000	4,125
12	3000	3030,0	0,010	4,125
13	4000	4000,0	0,000	4,125
14	5000	5000,0	0,000	4,125
15	6000	6024,0	0,004	4,125
16	7000	7018,0	0,003	4,250
17	8000	8032,0	0,004	4,250
18	9000	9009,0	0,001	4,125
19	100000	100000,0	0,000	4,375
20	200000	200000,0	0,000	4,125
21	300000	300300,0	0,001	4,125
22	400000	400000,0	0,000	4,125
23	500000	500000,0	0,000	4,125
24	600000	602400,0	0,004	4,125
25	700000	699300,0	0,001	4,125
26	800000	800000,0	0,000	4,125
27	900000	900900,0	0,001	4,125
28	1000000	1000000,0	0,000	4,125
29	2000000	2000000,0	0,000	4,125
30	3000000	3000300,0	0,000	4,125
31	4000000	4000000,0	0,000	4,125
32	5000000	5000000,0	0,000	4,125
33	6000000	6000000,0	0,000	4,125
34	7000000	6999300,0	0,000	4,125
35	8000000	8000000,0	0,000	4,125
36	9000000	9009000,0	0,001	4,125
37	10000000	10000000,0	0,000	5,562
38	11000000	11000000,0	0,000	5,562
39	20000000	20000000,0	0,000	7,812
40	30000000	30008000,0	0,000	7,812

dengan rentang frekuensi dari 0 Hz hingga 30 MHz seperti pada Tabel 2.



Gambar 17 (a) Frekuensi masukan sebesar 500 KHz; (b) Bentuk gelombang keluaran AD9851



Gambar 18 (a) Frekuensi masukan sebesar 20 MHz; (b) Bentuk gelombang keluaran AD9851

V. KESIMPULAN

Makalah ini memaparkan rangkaian dan hasil pengukuran dari pembangkit gelombang sinus dan kotak menggunakan DDS AD9851 berbasis mikrokontroler PIC 18F4550. Hasil pengukuran amplitudo pembangkit frekuensi untuk gelombang sinus adalah 430 mV dan amplitudo gelombang kotak adalah 4,125 V. Frekuensi yang dihasilkan 100 Hz hingga 30 MHz berbentuk gelombang sinus dan gelombang kotak. Pembangkit gelombang yang dibuat telah didukung komunikasi USB, maka dapat dikendalikan oleh komputer melalui USB selain melalui papan tombol, sehingga lebih fleksibel.

Penelitian selanjutnya, sebaiknya dipasang rangkaian penguat dengan gain yang dapat diubah, agar amplitudo dari gelombang yang dihasilkan dapat diubah-ubah pula. Kristal yang digunakan pada DDS AD9851 adalah 30 MHz sehingga frekuensi keluaran yang dapat dihasilkannya mencapai nilai maksimal. Rancangan layer PCB dibawah IC AD9851 merupakan layer *ground* sehingga tidak menyebabkan *crosstalk* atau *crossover* yang dapat menghasilkan interferensi dan *noise* terhadap IC AD9851.

REFERENSI

- [1] Hastuti, Perancangan dan simulasi DDS (Direct Digital Synthesizer) pada aplikasi radar FMCW pada S-band [Online]. Available: <http://digilab.itelkom.ac.id/index.php?option=comrepository&Itemid34&Task=detail&mim=11030189>.
- [2] D. Kurniawan, ATmega8+DDS (Direct Digital Synthesizer), [Online]. Available: <http://elektronika.web.id/elkav2/index.php?topic=978.msg16112#msg16112>.
- [3] A. R. Ruzairi, H. T. Chin, Sulaiman, and M. S. A. Manaf Abdul., "PC controlled function generator using Direct Digital Synthesis (DDS) technology for electrical capacitance tomography," *Jurnal Teknologi*, pp. 19 – 39, 2006.
- [4] B. Kamboj dan R. Mehra, "Efficient FPGA implementation of direct digital frequency synthesizer for software radios," *International Journal of Computer Applications*, vol. 37, 2012.
- [5] H. Mandaliya, P. Mankodi, and B. Makwana, "Microcontroller based DDS function generator," *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, vol. 2, pp. 483-486, Jan. 2013.
- [6] H. Liu, Qiu, and H. Yue, "Design of RF source based on direct digital synthesizer," in *Proc. of Eight International Symposium on Precision Engineering Measurement and Instrumentation*, Jan. 2013.
- [7] B. G. Goldberg, *Digital Frequency Synthesis, Demystified, DDS and Fractional-N PLLs*, USA: LLH Technology Publishing, 1999.
- [8] PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet, Microchip, U.S.A
- [9] CMOS 180 MHz DDS/DAC Synthesizer AD9851, Norwood, USA: Analog Device.
- [10] Building a PIC18F USB device [Online]. Available: http://www.waitingforfriday.com/index.php/Building_a_PIC18F_USB_device.htm.
- [11] Open source framework for USB generic HID device based on the PIC18F and windows [Online]. Available: http://www.waitingforfriday.com/index.php/Open_Source_Framework_for_USB_Generic_HID_devices_based_on_the_PIC18F_and_Windows.htm.
- [12] J. Axelson, *USB Complete*, 3rd ed., USA: Lakeview Research LLC, 2005.
- [13] B. Hartanto, *Membuat Program-Program Keren dengan Visual C#.Net Secara Mudah*, Yogyakarta, Indonesia: Penerbit Andi, 2009.