

RANCANG BANGUN DUAL MODE *SIGNAL GENERATOR* BERUKURAN KECIL UNTUK APLIKASI RADAR

DESIGN OF SMALL DUAL MODE *SIGNAL GENERATOR* FOR RADAR APPLICATION

Andi Jihan Fakhirah Syamsu¹, Dharu Arseno², Edwar³

^{1,2,3}Universitas Telkom, Bandung

andijihanfakhirah@student.telkomuniversity.ac.id¹, dharseno@telkomuniversity.ac.id²,
edwarm@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Perkembangan teknologi di Indonesia dalam bidang foto udara berkembang sangat besar. Salah satunya yaitu dalam pemetaan dalam skala besar. *Unmanned Aerial Vehicle* menjadi salah satu sistem yang digunakan. Penggunaan kamera UAV digantikan menggunakan pencitraan radar *Synthetic Aperature Radar* (SAR) untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Sistem Radar membutuhkan sinyal generator. Sinyal generator ini merupakan sinyal untuk membangkitkan sinyal *chirp* analog dan digital. Sistem Radar memiliki beberapa yang bernama *Continuous Wave* (CW) dan *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW). Pada tugas akhir ini akan dilakukan perancangan dan realisasi sinyal generator yang bersifat dual mode pada aplikasi Radar UAV dengan menggunakan frekuensi S-Band 2,4 Ghz dengan hasil tegangan 2,59V dan frekuensi 2.434 Mhz pada mode CW dan tegangan rendah sebesar 0.24V serta tegangan tinggi 2.73V pada mode FMCW dengan nilai frekuensi terendah 2.397,8 dan frekuensi tertinggi 2.438 Mhz dengan menggunakan Arduino sebagai *microcontroller*.

Kata kunci : FMCW, CW, Radar, *Microcontroller*, UAV

Abstract

The development of technology in Indonesia in the field of aerial photography is growing very large. One of them is in mapping on a large scale. *Unmanned Aerial Vehicle* is one of the system used. The use of UAV cameras is replaced by using *Synthetic Aperture Radar* (SAR) radar imaging to get more accurate results. The Radar system requires a signal generator. This signal generator is a signal to generate analog and digital chip signals. Radar systems have several named *Continuous Wave* (CW) and *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW). In this final project, the design and realization of a dual mode signal generator will be carried out for use in UAV Radar applications using an S-band frequency of 2.4 Ghz, with a voltage 2.59 V and a frequency 2,434 Mhz in CW mode and a low voltage of 2,397.8 and the highest frequency of 2,438 Mhz using Arduino as a *microcontroller*.

Keywords: FMCW, CW, Radar, *Microcontroller*, UAV

1. Pendahuluan

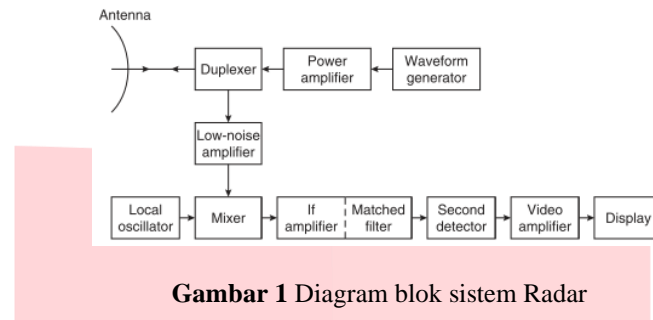
Perkembangan teknologi dalam bidang foto udara di Indonesia berkembang sangat pesat. Salah satu fungsinya yaitu pemetaan dalam skala besar. Penyediaan informasi geospasial di Indonesia masih sedikit sehingga *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) menjadi pilihan yang baik dikarenakan UAV memiliki harga yang lebih murah dan cukup efisien untuk mendapat hasil foto yang bagus. Namun kamera UAV tidak dapat melihat apa yang dibalik awan sehingga hasil yang didapat kurang akurat sehingga digunakan pencitraan Radar SAR untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. *Radio Detection Ranging* (RADAR) merupakan sebuah perangkat aktif yang beroperasi dengan memancarkan gelombang elektromagnetik. Radar dapat berfungsi mendeteksi target yang relatif kecil pada jarak dekat maupun jarak jauh[1]. Berdasarkan sinyal kirim radar terbagi menjadi 2 yaitu *pulse Radar* dan *Continuous Wave* (CW). CW radar berfungsi sebagai mengukur kecepatan target dan posisi sudut target secara akurat. *Continuous Wave* terbagi menjadi dua salah satunya yaitu *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW) yang berfungsi untuk mengukur jarak dengan frekuensi modulasi yang bisa selalu berubah. Dalam penelitian ini akan dibikin sebuah perancangan alat generator yang didalam *chirp generator* tersebut terdapat generator *chirp* terdapat sistem yang terdiri dari *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW) dan *Continuous Wave* (CW) yang sistemnya ini dapat berubah

sesuai dengan kebutuhan spesifikasi yang diinginkan[2]. Perancangan ini menggunakan *microcontroller* yang sebagai alat untuk bisa mengubah sistem dari FMCW ke CW dan CW ke FMCW.

2. Konsep Dasar

2.1 Radio Detection and Ranging (RADAR)

Radio Detection and Ranging (RADAR) merupakan perangkat aktif yang beroperasi dengan memancarkan gelombang elektromagnetik dari antenna untuk merambat di ruang angkasa. Radar juga dapat berfungsi mendeteksi target yang lebih kecil pada jarak dekat maupun jarak jauh[1].

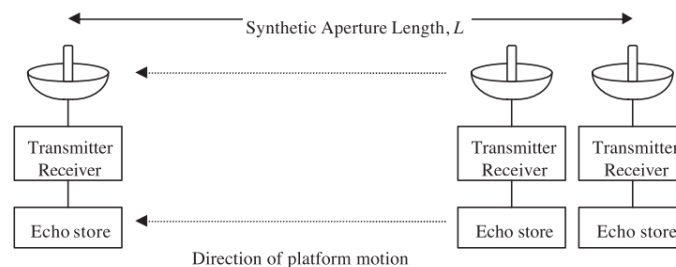


Bentuk persamaan radar sederhana ditulis sebagai berikut:

$$P_r = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \times \frac{\sigma}{4\pi R^2} \times A_e \quad (1)$$

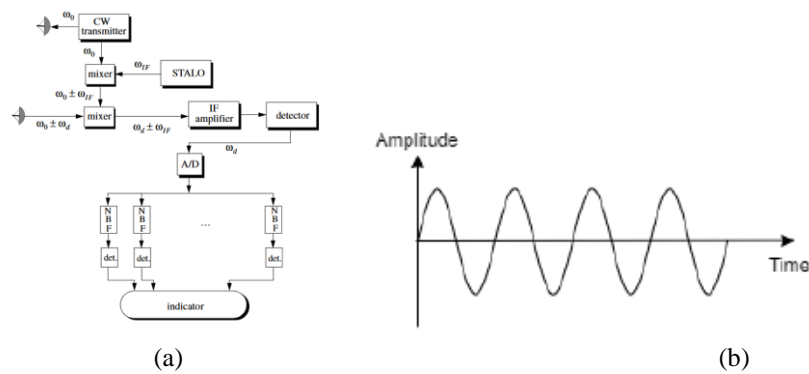
2.2 Synthetic Aperture Radar (SAR)

Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan sistem radar yang menggunakan teknik pemrosesan sinyal untuk meningkatkan resolusi antenna serta sistem ini memungkinkan menggunakan panjang gelombang yang lebih panjang dan masih mencapai resolusi yang baik dengan struktur antenna dengan ukuran yang wajar[3].



2.3 Continous Wave (CW)

Continous Wave (CW) merupakan sistem radar yang memancarkan sinyal radiasi elektromagnetik pada setiap waktu. *Continous Wave* dapat berfungsi untuk mengukur kecepatan dari perubahan jarak target. Pengukuran kecepatannya dilakukan dengan mengukur pergeseran Doppler sinyal pantul secara langsung. Pergeseran Doppler frekuensi gelombang elektromagnetik selalu berubah ketika adanya pergerakan dari pengirim, pergerakan target ataupun pergerakan dari keduanya[4].



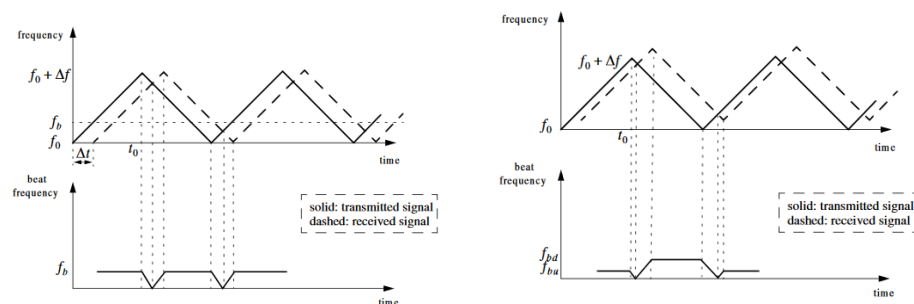
Gambar 3 Blok Diagram *Continuous Wave* (a) dan *Output Continuous Wave* Radar

CW radar menggunakan *Frequency Modulation* untuk membangkitkan sinyal sinusoidal. Bentuk Umum rumus sinyal FM dapat dinyatakan dengan

$$s(t) = A \cos \left(2\pi f_0 t + k_f \int_0^t \cos 2\pi f_m u du \right) \quad (2)$$

2.4 Frequency Modulated Continuous Wave (FM-CW)

Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) merupakan sistem radar yang menggunakan sinyal kontinu untuk mengukur jarak dengan frekuensi modulasi, yang frekuensinya bisa selalu berubah. FMCW juga sebuah pengkodean atau modulasi fasa yang diterapkan pada rentang pulsa radar pencitraan yang dirancang untuk mendapatkan sebuah time bandwidth yang tinggi[4].



Gambar 4 Sinyal LFM segitiga dan frekuensi detak untuk target stasioner (a) dan frekuensi detak untuk target bergerak(b)

2.5 Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

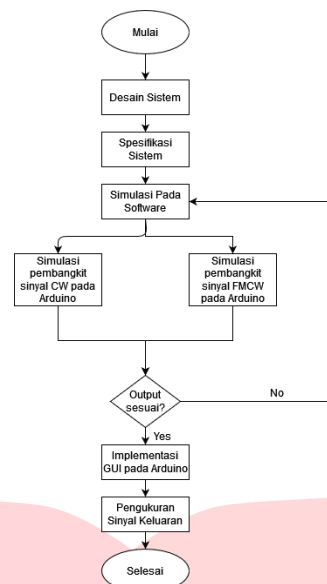
Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah suatu pesawat tanpa awak yang biasa dikenal sebagai *drone* yang dikendalikan dari jarak jauh. Cara kerja UAV pada umumnya dapat dikendalikan melalui *remote*, laptop atau *smartphone* tergantung konfigurasi yang digunakan[5].

2.6 Chirp Generator

Dalam menghasilkan sinyal *chirp* dibutuhkan sebuah perangkat yang dapat membangkitkan sinyal chirp baik analog maupun digital. Untuk sinyal analog sinyal tersebut dapat dibangkitkan dengan menggunakan perangkat *Voltage Controlled Oscillator* (VCO), sinyal *up* dan *down chirp* dapat dihasilkan dengan menggunakan *Ramp Generator*. Membangkitkan sinyal secara analog memiliki keterbatasan, sehingga saat ini sinyal dibangkitkan secara digital[6].

3. Perancangan Sistem

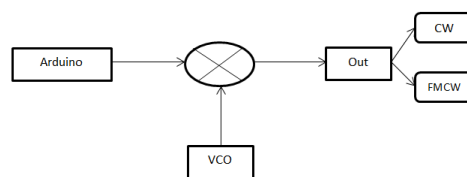
3.1 Diagram Alir



Gambar 5 Diagram Alir Proses Perancangan Sinyal Chirp Generator

3.2 Desain Sistem

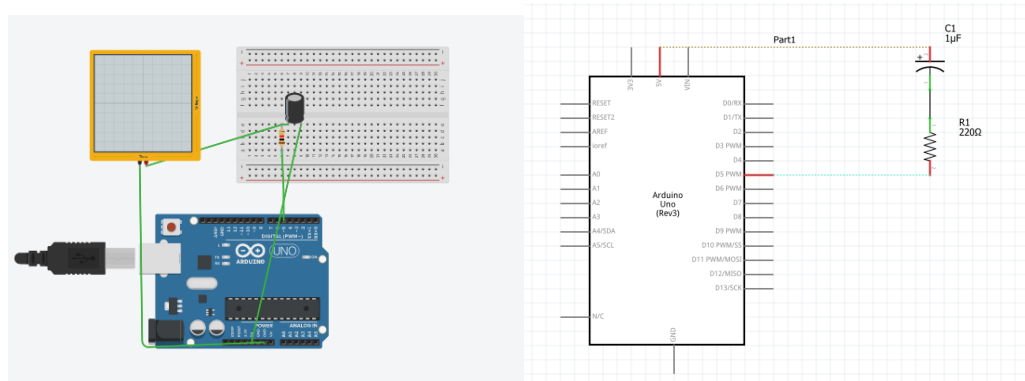
Pada perancangan sistem ini akan dibuat dua mode sistem sinyal yang dapat diubah sesuai dengan keinginan dengan cara menggunakan microcontroller sebagai alat untuk mengatur sistem secara programmable.



Gambar 6 Desain Sistem

3.3 Desain Perangkat

Desain perangkat yang bisa dilihat pada gambar 7 menggunakan Arduino uno sebagai *Microcontroller* untuk membangkitkan sinyal. Arduino uno terhubung dengan rangkaian *Low Pass Filter* dengan rangkaian seri pada resistor dan kapasitor. Pin 5 pwm terhubung dengan resistor dan pin 5v terhubung dengan *positive* kapasitor. Pin GND akan terhubung dengan *Negative* Osiloskop dan *Positive* Osiloskop akan terhubung dengan rangkaian LPF.



Gambar 7 Desain Perangkat dan Rangkaian Perangkat**3.4 Spesifikasi****3.3.1 Spesifikasi Sistem**

Berikut ini merupakan parameter yang akan digunakan dalam perancangan prototype sinyal generator.

Tabel 1 Spesifikasi Sistem

Parameter	Ket
Jenis Frekuensi	S-Band
Frekuensi	2,4 Ghz
Bandwidth	0-20 Mhz

3.3.2 Spesifikasi FMCW

Berikut ini parameter yang akan digunakan dalam FMCW.

Tabel 2 Spesifikasi FMCW

Parameter	Nilai
Frekuensi Rendah	2397 Mhz
Frekuensi Tinggi	2438 Mhz
Bandwidth Sinyal	41 Mhz
Bentuk Sinyal Pemodulasi	Segitiga

3.3.3 Spesifikasi CW

Berikut ini parameter yang akan digunakan dalam CW

Tabel 3 Spesifikasi CW

Parameter	Nilai
Frekuensi Rendah	2392 Mhz
Frekuensi Tinggi	2434 Mhz

3.5 Perancangan Sistem**3.4.1 Perancangan FMCW pada Arduino**

Berikut Perancangan FMCW pada Arduino dengan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM) :

1. Menentukan Parameter yang digunakan

Parameter yang digunakan dalam perancangan sebagai berikut :

1. Frekuensi (F)
2. Periode (T)
3. Frekuensi PWM Arduino
4. $N = \text{Jumlah Pulse} \frac{T_{\text{frekuensi}}}{T_{\text{frekuensi PWM}}}$

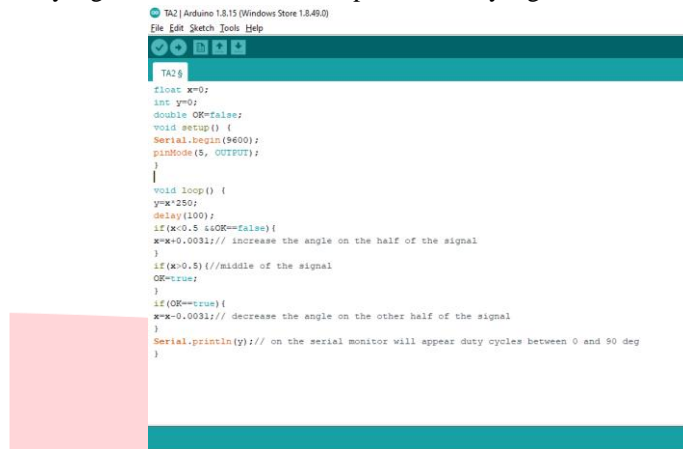
2. Mengeluarkan nilai PWM

Untuk mengeluarkan nilai PWM agar bisa menciptakan sinyal segitiga dibutuhkan jumlah pulse yang telah dihitung sebelumnya dan digabungkan ke dalam rumus $x=x+1/N$ untuk meningkatkan setengah sudut sinyal yang dibuat. Setelah itu sudut sinyal akan dikurangi sebesar setengah sudut sinyal dengan menggunakan rumus $x=x-1/N$ Bisa dilihat pada gambar 8..

3. Menggunakan Phase Correct PWM Arduino

Untuk membentuk jenis sinyal Phase Correct PWM digunakan register TCCR1A dan TCCR1B. Mode Phase Correct PWM untuk menghitung nilai PWM dari 0 hingga 255 hingga kembali ke 0;

Perancangan sinyal segitiga untuk FMCW menggunakan low pass filter dari rangkaian kapasitor dan transistor yang diseriikan untuk mendapatkan hasil yang baik.



Gambar 8 Program PWM untuk menghasilkan sinyal segitiga

3.4.2 Perancangan CW pada Arduino

Perancangan CW pada Arduino dilakukan dengan menentukan satu keluaran tegangan yang dapat menghasilkan frekuensi kerja 2,4 Ghz. Untuk mendapatkan frekuensi 2,4 Ghz dibutuhkan tegangan senilai 2,5 V. Untuk mendapatkan tegangan 2,5 V pada Arduino maka dihitung nilai dutycycle hingga mendapatkan nilai sebesar 50% agar menghasilkan tegangan 2,5 V.

Mencari tegangan output = $V_{out} = Dutycycle \times V_{in}$

Ketika nilai dutycycle sebesar 50% maka nilai pwm sebesar 127 dari nilai tertinggi PWM 255.

3.4.3 Perancangan Penggabungan CW dan FMCW

Perancangan penggabungan CW dan FMCW menggunakan *source code* if-else pada Arduino. Pada saat memilih kondisi 1 maka sinyal yang akan dikeluarkan adalah mode CW dan ketika memilih kondisi 2 maka yang akan dikeluarkan adalah mode FMCW.

3.6 Perancangan GUI

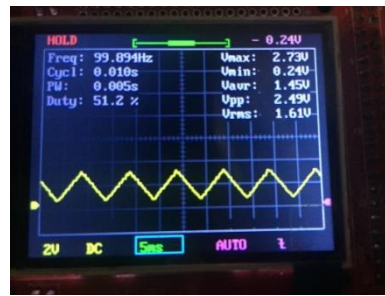
Perancangan GUI dilakukan simulasi melalui Serial Arduino dengan menggunakan proses *source code* if-else.

4. Hasil Simulasi dan Analisis

4.1 Hasil dan Analisis Perancangan FMCW

Pada bab 3, parameter yang telah ditentukan sebelumnya dan formula yang akan digunakan dalam kodingan Arduino untuk merancang FMCW. Pengodingan dilakukan dengan melakukan perhitungan terlebih dahulu yang sudah dijelaskan dalam bab 3, lalu masukkan ke source code yang telah dimuat ke dalam lampiran lalu menjalankan program dengan mengupload data source code ke dalam Arduino.

Berikut ini merupakan hasil keluaran sinyal yang berhasil disimulasikan dari Arduino menggunakan osiloskop :



Gambar 9 Sinyal Segitiga

Pada hasil keluaran sinyal pada osiloskop yang terdapat pada Gambar 9 menghasilkan sinyal segitiga dengan nilai tegangan terendah sebesar 0.24V dan nilai tegangan tertinggi sebesar 2.73V serta nilai dutycycle sebesar 51,2%. Untuk mendapatkan frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi awal maka frekuensi yang dihasilkan dengan melihat nilai tegangan yang dihasilkan dengan melihat datasheet VCO yang telah dilampirkan pada halaman lampiran sehingga frekuensi terendah pada simulasi sebesar 2397,6Mhz dan frekuensi tertinggi sebesar 2438,2Mhz.

Dari Hasil simulasi yang telah didapatkan maka rentang frekuensi dari 2397,6 Mhz – 2438,2 Mhz dengan nilai tegangan sebesar 0,24 V – 2,73 V, hasil simulasi menunjukkan bahwa bandwidth yang didapatkan sebesar 40,6 Mhz. maka hasil simulasi tersebut sesuai dengan rentang frekuensi kerja S-Band ketika menggunakan hasil sheet vco yang terlampir. Frekuensi yang tertera pada Gambar 9 hanya sebesar 100 Hz, frekuensi tersebut belum bisa mencapai sesuai dengan spesifikasi parameter yang diinginkan secara *source code* dikarenakan nilai frekuensi PWM tidak sampai 2,4 Ghz. Sehingga menggunakan nilai tegangan yang telah dihitung pada nilai dutycycle dan mendapatkan nilai frekuensi yang sesuai dengan melihat sheet vco yang telah terlampir.

4.2 Hasil dan Analisis Perancangan CW

Perancangan yang telah dilakukan dan simulasi ke dalam source code Arduino dengan menggunakan beberapa parameter pada bab 3, menghasilkan hasil tegangan sebesar 2,59 V dengan dilakukan pengukuran dengan multimeter.

Frekuensi yang telah dikeluarkan dengan tegangan sebesar 2,59 V dengan melihat sheet VCO yang telah dilampirkan sebesar 2434 Mhz. Hasil frekuensi yang dikeluarkan sesuai dengan spesifikasi sinyal frekuensi kerja S-Band ketika melihat nilai tegangan pada sheet vco yang terlampir.



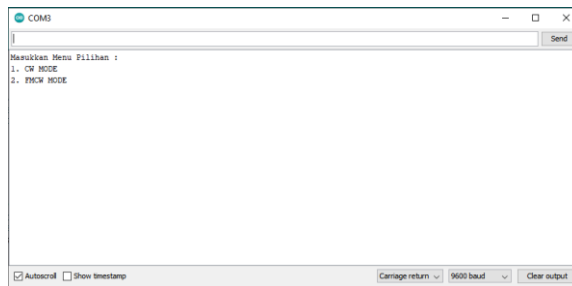
Gambar 10 Hasil tegangan pengukuran CW

4.3 Hasil GUI

Hasil simulasi penggabungan antara mode FMCW dan CW dilakukan melalui Arduino dengan menggunakan Serial sebagai GUI nya agar bisa dilakukan penggabungan digunakan *source code* if-else. untuk *source code* nya sudah terlampirkan pada halaman lampiran.

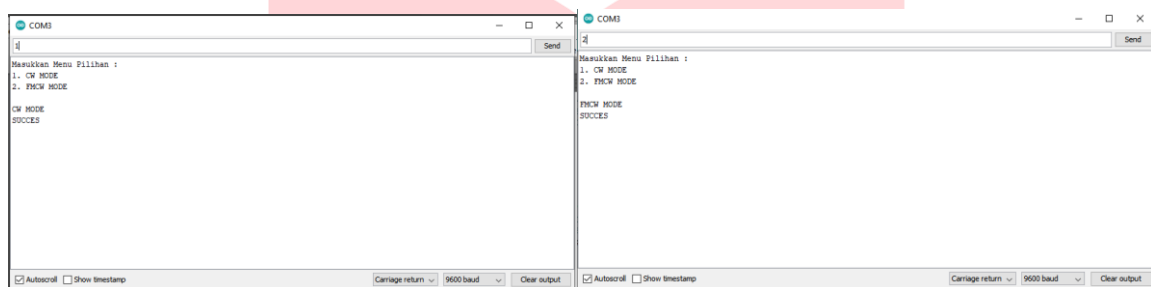
Berikut ini merupakan hasil GUI Arduino penggabungan antara mode FMCW dan CW :

Pada Gambar dibawah merupakan tampilan awal pada saat program dijalankan.



Gambar 11 Tampilan Awal

Pada gambar 12 dibawah merupakan tampilan pada saat memilih mode CW dan tampilan pada saat memilih mode FMCW.



Gambar 12 Tampilan Menu CW Mode dan Tampilan Menu FMCW Mode

Hasil dari penggabungan kedua sistem pembangkit sinyal CW dan FMCW bisa digunakan didalam kondisi rentang frekuensi 2397,6 – 2438 Mhz, dengan melihat hasil tegangan yang dikeluarkan pada kedua mode dengan melihat data sheet vco yang telah terlampir. Maka keluaran kedua frekuensi mode tersebut sudah cukup sesuai dengan parameter awal yang diinginkan. Tetapi kita hanya bisa memilih mode yang digunakan saja. Belum bisa memasukkan rentang frekuensi yang diinginkan.

5. Kesimpulan

Dari keseluruhan proses perancangan, simulasi dan perhitungan serta analisa dari pembangkit sinyal *dual mode* dengan menggunakan *microcontroller* Arduino, maka didapat kesimpulan bahwa dalam merancang pembangkit sinyal *dual mode* CW dan FMCW dapat dilakukan melalui simulasi pada Arduino. Serta Pembangkit sinyal CW dan FMCW dapat dilakukan proses penggabungan kedalam satu *microcontroller* dengan menggunakan userinterface

REFERENSI

- [1] M. I. Skolnik, *Radar Handbook*, Third. 2008.
- [2] C. J. Li and H. Ling, "Synthetic aperture radar imaging using a small consumer drone," *IEEE Antennas Propag. Soc. AP-S Int. Symp.*, vol. 2015-Octob, no. c, pp. 685–686, 2015, doi: 10.1109/APS.2015.7304729.
- [3] Y. K. Koo and V. C. Chan, "An Introduction To Synthetic Aperture Radar (SAR)," *Prog. Electromagn. Res. B*, vol. 2, no. 6, pp. 27–60, 2008.
- [4] G. M. Agni, F. T. Elektro, and U. Telkom, "DESAIN DAN SIMULASI PEMBANGKIT SINYAL FMCW CHIRP PADA SYNTHETIC APERTURE RADAR BERBASIS MODULE DDS DESIGN AND SIMULATION OF DDS MODULE BASED CHIRP FMCW SIGNAL."
- [5] J. T. Elektro, U. Sultan, and A. Tirtayasa, "Perancangan Antena Mikrostrip Frekuensi 2 , 6 GHz untuk Aplikasi LTE (Long Term Evolution)," vol. 1, no. 1, 2012.
- [6] B. D. Putera, E. Ali, H. Wijanto, and M. Ramdhani, "Design and Realization of Memory-Based Chirp Generator on Synthetic Aperture Radar (SAR)," *J. Meas. Electron. Commun. Syst.*, vol. 4, no. 1, p. 16, 2018, doi: 10.25124/jmeecs.v4i1.1695.