

***REALISASI SISTEM RADAR STEPPED FREQUENCY CONTINUOUS WAVE (SFCW)
MENGUNAKAN UNIVERSAL SOFTWARE RADIO PERIPHERAL (USRP)
STEPPED FREQUENCY CONTINUOUS WAVE (SFCW) RADAR SYSTEM
REALIZATION BASED ON UNIVERSAL SOFTWARE RADIO PERIPHERAL (USRP)***

Devy Roro Dinar Adellie¹, Dharu Arseno, S.T., M.T.², Dr. Aloysius Adya P, S.T., M.T.³

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

¹devyroro@student.telkomuniversity.ac.id, ²darseno@telkomuniversity.ac.id,

³pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Radio Detection and Ranging (Radar) adalah suatu perangkat atau metode yang menggunakan gelombang elektromagnetik dalam frekuensi radio untuk mendeteksi jarak, kecepatan, serta karakteristik dari suatu objek. Sistem radar terdiri dari pemancar, penerima, antenna, unit pemrosesan sinyal dan unit pengolahan data. Berdasarkan sinyal yang dikirim, radar dapat dibagi dua yaitu *pulse wave* (Radar Pulsa) dan *continuous wave*. Salah satu jenis radar *continuous wave* yaitu *Stepped Frequency Continuous Wave (SFCW)* radar. SFCW mampu menghasilkan jangkauan yang lebih luas dan dapat menghasilkan range yang lebih besar.

Perangkat lunak yang dapat mengembangkan teknologi radar adalah *Software Defined Radio (SDR)*. SDR merupakan salah satu contoh pengembangan pada bidang teknologi telekomunikasi. SDR dapat digunakan untuk perancangan rangkaian radio, fleksibilitas dalam operasi, biaya lebih rendah dan mempermudah untuk mendesain. Untuk mengimplementasikan SDR dapat menggunakan *Universal Software Radio Peripheral (USRP)*. USRP berfungsi sebagai pengganti *hardware* yang bekerja sebagai *transmitter* dan *receiver* pada dua antenna. Implementasi pada perancangan sistem radar SFCW menggunakan USRP yang akan dioperasikan melalui perangkat lunak GNU Radio. GNU Radio berfungsi untuk menyediakan modul pemrosesan sinyal untuk mengimplementasikan sistem komunikasi radio.

Pada pengujian sistem radar SFCW menggunakan USRP dapat dilakukan dengan frekuensi sebesar 1 GHz dan *bandwidth* sebesar 10 MHz. Hasil secara fungsional sudah sesuai dengan yang dibutuhkan, sinyal FFT yang dihasilkan pada saat delay diubah puncak sinyal FFT berubah sesuai dengan delay yang sudah diatur pada GNU Radio. Pada *delay* 400 ns 1.3 dB, *delay* 500 ns 1.25 dB dan *delay* 1.2 dB. Hasil deteksi pergeseran kecil untuk melihat fasa pada saat pergerakan pelan menjauhi antena dan mendekati antena. Hasil deteksi posisi objek pada saat *delay* diubah mengalami perubahan, dilihat dari sinyal FFT semakin besar *delay* maka semakin besar nilai amplitude.

Kata Kunci: Radar, SFCW, GNU Radio, USRP.

Abstract

Radio Detection and Ranging (Radar) is a device or method that uses electromagnetic waves in radio frequencies to detect the distance, speed, and characteristics of an object. The radar system consists of a transmitter, receiver, antenna, signal processing unit and data processing unit. Based on the signal sent, the radar can be divided into two, namely *pulse wave* (Radar Pulsa) and *continuous wave*. One type of continuous-wave radar is the *Stepped Frequency Continuous Wave (SFCW)* radar. SFCW can produce a wider range and can produce a greater range.

Software that can develop radar technology is *Software Defined Radio (SDR)*. SDR is one example of development in the field of telecommunications technology. SDR can be used for radio circuit design, flexibility in operation, lower costs and easier to design. To implement SDR you can use *Universal Software Radio Peripheral (USRP)*. USRP functions as a hardware replacement that works as a transmitter and receiver on two antennas. Implementation in the design of the SFCW radar system uses USRP which will be operated through the GNU Radio software. GNU Radio functions to provide a signal processing module to implement a radio communication system.

In testing the SFCW radar system using USRP can be done with a frequency of 1 GHz and bandwidth of 10 MHz. The functional results are by what is needed, the FFT signal generated when the delay has changed the peak of the FFT signal changes according to the delay set on GNU Radio. At a delay of 400 ns 1.3 dB, a delay of 500 ns 1.25 dB and a delay of 1.2 dB. The result of a small shift detection to see the phase when moving slowly away from the antenna and approach the antenna. The result of detecting the position of the object when the delay is changed experiences a change, as seen from the FFT signal, the greater the delay, the greater the amplitude value.

Keywords: Radar, SFCW, GNU Radio, USRP.

1. Pendahuluan

Radio Detection and Ranging (RADAR) adalah sebuah teknologi yang dapat mendeteksi, mengidentifikasi dan mengukur jarak objek pada jarak tertentu dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik [1]. Berdasarkan sinyal yang dikirim, radar dapat dibagi dua yaitu pulse wave (Radar Pulsa) dan continuous wave. Salah satu jenis radar continuous wave yaitu Stepped Frequency Continuous Wave (SFCW) radar. SFCW mampu menghasilkan jangkauan yang lebih luas dan dapat menghasilkan range yang lebih besar. SFCW radar menggunakan dua antenna, satu antenna sebagai pemancar dan satu antenna sebagai penerima [2].

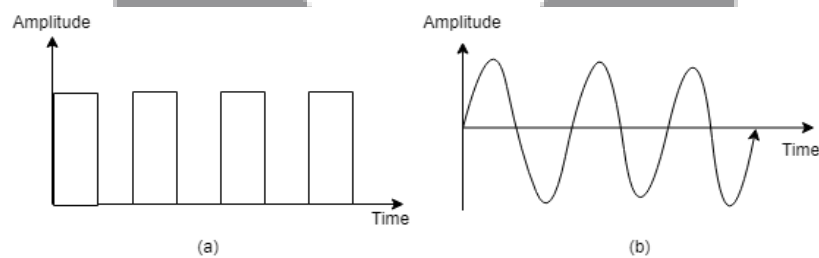
Perangkat lunak yang dapat mengembangkan teknologi radar adalah Software Defined Radio (SDR). SDR adalah jenis radar yang dapat dioperasikan oleh komponen perangkat keras tertentu (mixer, filter, modulator dan demodulator) [3]. Untuk mengimplementasikan SDR dapat menggunakan Universal Software Radio Peripheral (USRP) untuk mengembangkan aplikasi Radio. USRP N210 digunakan sebagai pemancar dan penerima. Perangkat lunak yang akan dijalankan untuk USRP adalah GNU Radio dan Matlab. GNU Radio mempunyai tampilan yang menyerupai Matlab, walaupun tidak mendukung semua modul yang luas seperti Matlab [4].

Tugas Akhir ini akan merancang sistem radar SFCW dengan menggunakan GNU Radio dengan frekuensi 1 GHz dan Bandwidth 10 MHz. Untuk merealisasikan sistem radar SFCW dapat dilakukan dengan mengukur fungsional pada GNU Radio, mendeteksi pergerakan kecil dan mendeteksi posisi objek pada suatu objek.

2. Konsep Dasar

2.1 Radar

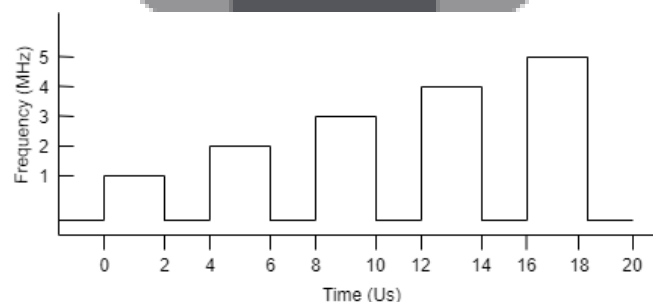
Radar suatu sistem gelombang elektromagnet yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak, ketinggian, arah atau kecepatan benda. Pemancar sinyal pada sistem radar berfungsi untuk memancarkan gelombang elektromagnet melalui antenna, dimana antenna tersebut berfungsi untuk menyebarkan energi elektromagnet dari titik fokus dan memantulkannya melalui permukaan antenna. Sedangkan penerima sinyal berfungsi sebagai penerima kembali pantulan gelombang elektromagnetik dari sinyal objek yang tertangkap oleh radar melalui reflektor antenna [6]. Berdasarkan sinyal yang dikirim, radar dapat dibagi dua yaitu pulse wave (Radar Pulsa) dan continuous wave. Pada pulse wave, pengiriman gelombang elektromagnetik berupa pulsa-pulsa yang dikirim pada waktu tertentu, sedangkan continuous wave merupakan sinyal yang dikirim secara terus menerus.



Gambar 2. 1 (a) pulse wave dan (b) continuous wave.

2.2 Stepped Frequency Continuous Wave (SFCW)

Prinsip kerja dari SFCW yaitu memancarkan sinyal electromagnetic dengan sinyal yang dipancarkan secara terus menerus dengan frekuensi yang berbeda-beda seperti Gambar 2.3.



Gambar 2. 2 Sinyal yang dipancarkan Radar SFCW.

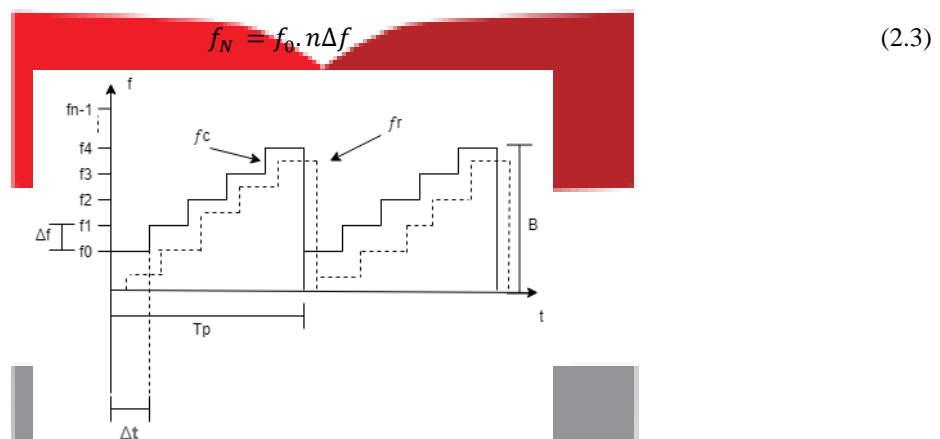
Beberapa parameter dalam sistem radar adalah *interval* waktu setiap frekuensi, rentang antara frekuensi dan total pembagian frekuensi dibandingkan dengan total *bandwith* frekuensi dari radar tersebut. Sistem SFCW ini lebih mudah diimplementasikan dibandingkan dengan radar *pulse* dan menghasilkan *range* yang lebih besar, karena hal tersebut radar SFCW semakin banyak diimplementasikan [7].

Pada Gambar 2.4 terdapat gambar sinyal SFCW. Garis yang tidak terputus adalah sinyal yang dipancarkan oleh *transmitter* dan garis yang terputus adalah sinyal yang diterima oleh *receiver*. Sebuah sinyal radar SFCW mentransmisikan pulsa N_f yang terdiri dari gelombang kontinu pada frekuensi diskrit f_n durasi transmisi Δ_t frekuensi dan mencakup sistem *bandwidth* (B) dalam periode:

$$T_p = N_f \cdot \Delta_t \quad (2.1)$$

Ukuran langkah frekuensi didefinisikan sebagai Δf , sedangkan setiap frekuensi diskrit n-th adalah f_N dengan f_0 menjadi frekuensi minimum dalam *Bandwidth*.

$$\Delta f = \frac{B}{(N_f - 1)} \quad (2.2)$$



Gambar 2. 3 Implementasi radar SFCW [7].

2.3 Universal Software Radio Peripheral (USRP) N210

USRP tipe N210 merupakan sebuah *hardware* untuk pengaplikasian dari SDR. Salah satu perangkat lunak dan perangkat keras yang dapat direalisasikan menggunakan teknologi SDR adalah GNU Radio dan USRP [8]. SDR adalah perangkat radio yang dapat diprogram melalui sebuah *software* untuk mengkonfigurasi sebuah *hardware*. USRP merupakan pemancar radio yang dapat dikonfigurasi melalui sebuah *software*. Dengan demikian USRP dapat memancarkan gelombang radio yang sudah dikonfigurasi sebelumnya pada sebuah *software*.



Gambar 2. 4 Perangkat USRP N210.

2.4 GNU Radio

GNU Radio merupakan perangkat lunak yang paling umum digunakan untuk membuat sistem SDR. GNU Radio adalah pengembangan perangkat lunak bebas & sumber terbuka yang menyediakan blok pemrosesan sinyal untuk mengimplementasikan radio perangkat lunak. Ini dapat digunakan dengan perangkat keras RF eksternal berbiaya rendah yang tersedia untuk membuat radio yang ditentukan perangkat lunak, atau tanpa perangkat keras dalam lingkungan seperti simulasi. Ini secara luas digunakan dalam penelitian, industri,

akademisi, pemerintah, dan lingkungan penggemar untuk mendukung penelitian komunikasi nirkabel dan sistem radio dunia nyata [12].

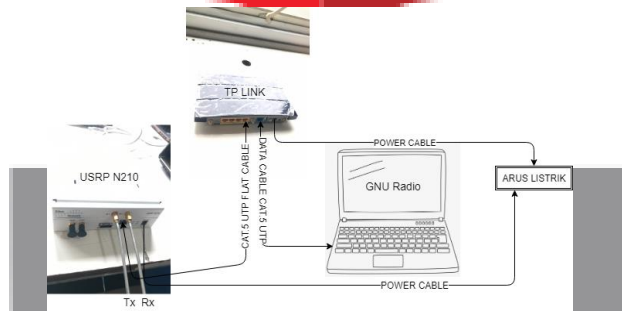


Gambar 2. 5 Software GNU Radio.

3. Model Sistem dan Perancangan

3.1 Desain Sistem

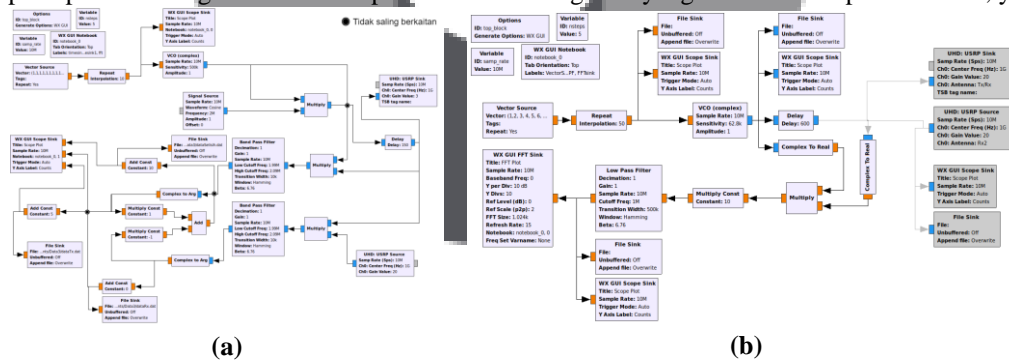
Rancangan sistem yang akan dibuat terdapat pada Gambar 3.1. Topologi sistem tersebut terdiri dari laptop yang sudah terinstalasi *software* GNU Radio pada operasi Linux didalamnya. *Software* GNU Radio membuat perancangan sistem radar SFCW terdapat pada Gambar 3.4 dihubungkan menggunakan *Data Cable CAT.5 UTP* menuju *ethernet port* TP Link. Sedangkan TP Link dihubungkan menggunakan *CAT.5 UTP Flat Cable* menuju *ethernet port* USRP N210. Dimana USRP N210 akan dihubungkan dengan antena *transmitter*, pancaran sinyal keluar mengenai suatu objek lalu sinyal dipantulkan kembali memasuki kembali antena *receiver*. Hasil sinyal pantul masuk kedalam USRP dan disimpan pada GNU Radio dalam bentuk file yang akan plotting menggunakan Matlab.



Gambar 3. 1 Topologi sistem.

3.2 Simulasi

Pada tahap simulasi dilakukan dengan membuat perancangan komponen sistem radar SFCW dengan menggunakan GNU Radio. Simulasi dimulai dengan membuat konfigurasi komponen pada GNU Radio yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir. Terdapat dua buah konfigurasi yang dibuat dalam penelitian ini, yaitu:



Gambar 3. 2 Konfigurasi sistem radar SFCW (a) deteksi fasa dan (b) deteksi posisi objek.

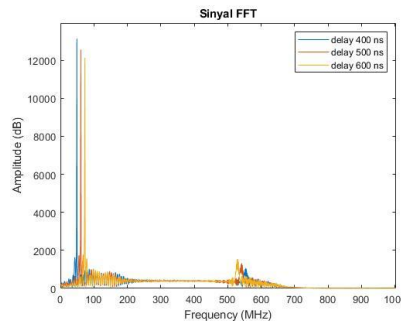
3.3 Pengukuran

Setelah perancangan sistem radar SFCW yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir dan bekerja sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan maka dilakukanlah tahapan selanjutnya yaitu pengukuran. Pengukuran dilakukan melalui dua tahap yaitu pengukuran fungsional dan pengukuran deteksi posisi objek.

1. Hasil Fungsional

Pada Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa sistem radar SFCW yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Sinyal yang dihasilkan oleh sistem radar yang dibuat pada GNU Radio sudah sesuai dengan yang dibutuhkan untuk

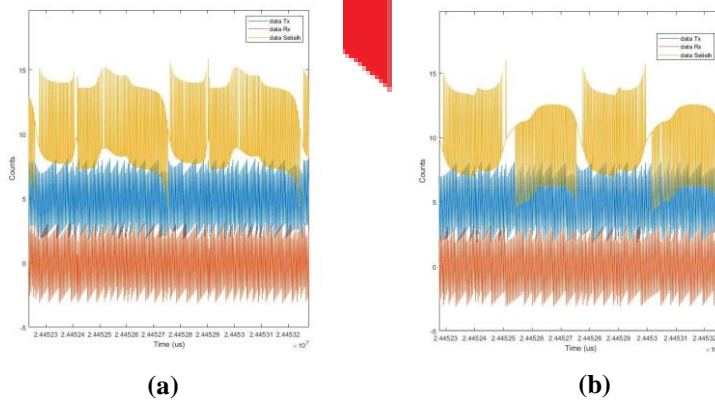
deteksi objek. Sinyal FFT yang dihasilkan pada saat delay diubah puncak sinyal FFT berubah sesuai dengan delay yang sudah diatur pada GNU Radio. Semakin besar delaynya maka semakin renggang sinyal FFT yang dihasilkan.



Gambar 3. 3 Sinyal FFT untuk hasil fungsional.

2. Hasil Deteksi Pergeseran Kecil Objek

Setelah mengetahui bahwa sistem radar yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik maka skema pengukuran deteksi objek dapat dilakukan. Deteksi pergeseran kecil dari sinyal yang dikirim dan diterima bertujuan untuk melihat fasa. Deteksi pergeseran kecil dilakukan saat mendeteksi pergerakan objek berupa plat besi menjauhi antenna dan mendekati antenna dengan jarak 1 meter.



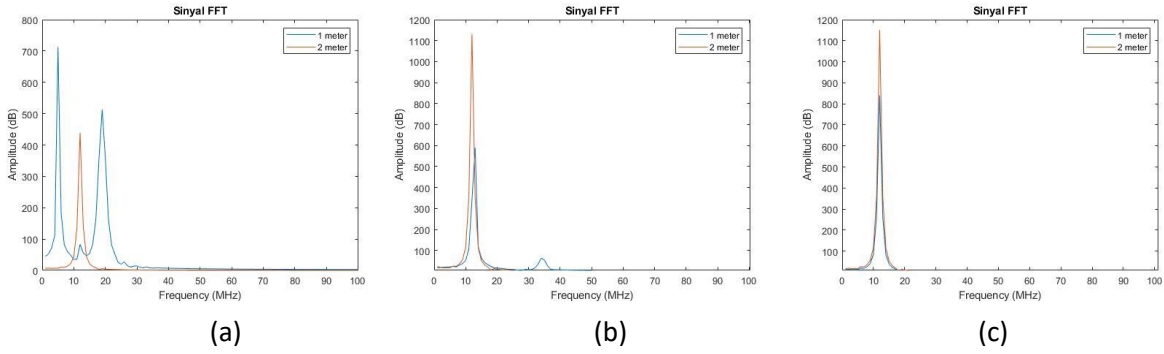
Gambar 3. 4 Deteksi Pergeseran Kecil Objek pada saat (a) menjauhi antenna dan (b) mendekati antenna.

3. Pengukuran Deteksi Posisi Objek

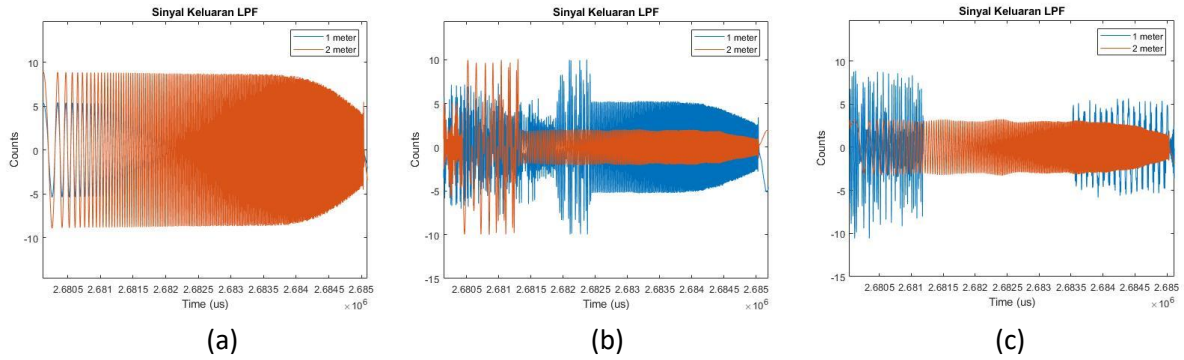
Pengukuran deteksi posisi objek dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui objek berada diposisi yang sesuai atau tidak. Pengujian deteksi posisi objek dilakukan dengan menggunakan perancangan sistem radar SFCW pada GNU Radio menggunakan USRP N210 dengan meletakkan plat besi sebagai objek pada jarak 1 meter dan 2 meter dari antenna. Kemudian delay pada konfigurasi sistem radar di ubah-ubah untuk melihat perbedaannya.

Table 3. 1 Hasil deteksi posisi objek 1 meter dan 2 meter.

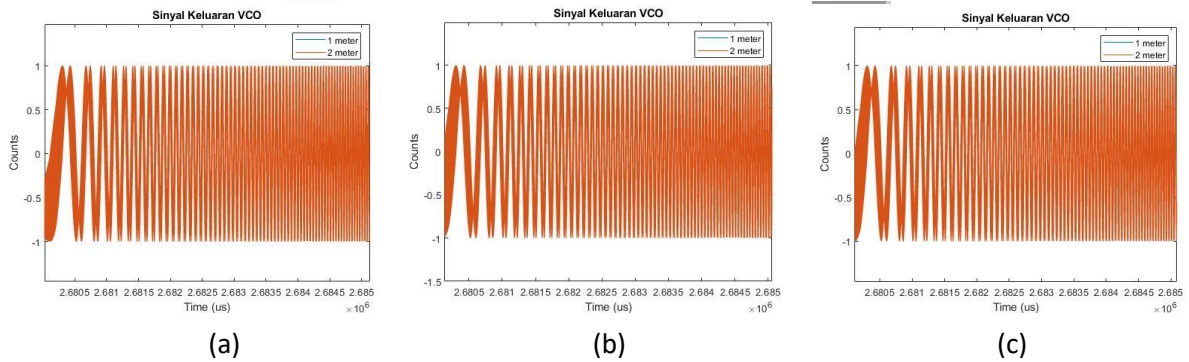
Sinyal Keluaran	Amplitude/Counts		Frequency/Time	
	1 meter	2 meter	1 meter	2 meter
FFT 400 ns	710 dB	440 dB	0-25 MHz	10-15 MHz
FFT 500 ns	1130 dB	580 dB	0-20 MHz	0-20 MHz
FFT 600 ns	1150 dB	840 dB	0-20 MHz	0-20 MHz
LPF 400 ns	5, -5	8, -8	2.6800×10^6	2.6850×10^6
LPF 500 ns	4, -4	7, -7	2.6800×10^6	2.6850×10^6
LPF 600 ns	3, -3	6, -6	2.6800×10^6	2.6850×10^6
VCO 400 ns	1, -1	1, -1	2.6800×10^6	2.6850×10^6
VCO 500 ns	1, -1	1, -1	2.6800×10^6	2.6850×10^6
VCO 600 ns	1, -1	1, -1	2.6800×10^6	2.6850×10^6
USRP Rx 400 ns	-0.03,0.1	-0.03,0.1	2.6800×10^6	2.6850×10^6
USRP Rx 500 ns	0.14,0.10	0.1,-0.1	2.6800×10^6	2.6850×10^6
USRP Rx 600 ns	0.05,-0.15	0.1,-0.1	2.6800×10^6	2.6800×10^6



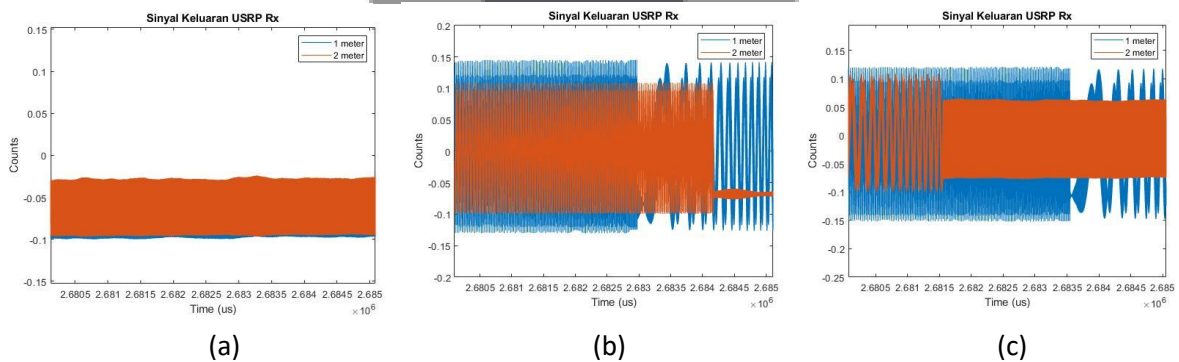
Gambar 3. 8 Keluaran Sinyal FFT (a) 400 ns, (b) 500 ns dan (c) 600 ns.



Gambar 3. 7 Keluaran sinyal LPF (a) 400 ns, (b) 500 ns dan (c) 600 ns.



Gambar 3. 6 Keluaran Sinyal VCO (a) 400 ns, (b) 500 ns dan (c) 600 ns.



Gambar 3. 5 Keluaran Sinyal USRP Rx (a) 400 ns, (b) 500 ns dan (c) 600 ns.

4. Kesimpulan

Pada tugas akhir ini telah dilakukan pengujian realisasi sistem radar SFCW dengan menggunakan USRP yang merupakan salah satu alat untuk SDR. USRP yang digunakan adalah USRP Ettus Research tipe N210 dan disambungkan dengan personal komputer melalui router gigabyte. Personal komputer yang digunakan sudah dibuat konfigurasi dari sistem radar SFCW yang akan digunakan. Kemudian USRP disambungkan dengan antenna vivaldi sebagai antenna pemancar dan penerima. Objek yang digunakan pada pengujian ini adalah plat besi. Perancangan sistem radar SFCW menggunakan frekuensi sebesar 1 GHz dan *bandwidth* sebesar 10 MHz.

Hasil deteksi realisasi sistem radar SFCW secara fungsional, deteksi pergeseran kecil dan deteksi posisi objek pada suatu objek diproses dengan menggunakan Matlab. Hasil secara fungsional sudah sesuai dengan yang dibutuhkan, sinyal FFT yang dihasilkan pada saat delay diubah puncak sinyal FFT berubah sesuai dengan delay yang sudah diatur pada GNU Radio. Pada *delay* 400 ns 1.3 dB, *delay* 500 ns 1.25 dB dan *delay* 1.2 dB. Hasil deteksi pergeseran kecil untuk melihat fasa pada saat pergerakan pelan menjauhi antenna dan mendekati antenna. Hasil deteksi posisi objek pada saat *delay* diubah mengalami perubahan, dilihat dari sinyal FFT semakin besar *delay* maka semakin besar nilai amplitude.

Daftar Pustaka

- [1] M. A. Richards, J. A. Scheer dan W. A. Holm, Principles of Modern Radar : Basic Principles, First Edition, NJ, USA : SciTech Publishing, 2010.
- [2] Azizah, A. Suksmono dan A. Munir, "Signal Processing of Range Detection for SFCW Radars Using Matlab and GNU Radio," IEEE International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications, 2014.
- [3] T. Debatty, "Software Defined RADAR a State of the Art," IEEE 2nd International Workshop on Cognitive Information Processing, 2012.
- [4] A. Setiawan, A. Suksmono, S. A. Rahayu dan A. Munir, "Matlab and GNU Radio-Based SFCW Radar for Range Detection", dalam The 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics, Bali, 2015.
- [5] R. Zitouni, S. Ataman dan L. George, "RF Measurements of the RFX 900 and RFX 2400 Daughter Boards with the USRP N210 driven by the GNU Radio Software," International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery, 2013.
- [6] Skolnik. Merrill, "Radar Handbook," Third Edition.
- [7] E. Cristofani, M. Becquaert, dkk, "Random Subsampling and Data Preconditioning for Ground Penetrating Radars," IEEE Access translations and content mining are permitted for academic research only, 2018.
- [8] R. Gandhiraj and K.P. Soman, "Modern analog and digital communication systems development using GNU Radio with USRP," IEEE, 2013.
- [9] M. Andile, "Design of a System View Simulation of a Stepped Frequency Continuous Wave Ground Penetrating Radar," Final year Electrical Engineering Student, 2004.
- [10] C. Velasco dan C. Tipantuna, "Meteorological Picture System using Software Defined Radio (SDR)," IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), 2017.
- [11] GNU radio companion. <https://www.gnuradio.org/about/> GNURadioCompanion.
- [12] M. Mishra, A. Potnis, P. Dwivedy dan S. K. Meena, "Software Defined Radio Based Receivers Using RTL-SDR: A Review," Proceeding International conference on Recent Innovations in Signal Processing and Embedded Systems, 2017.