

ANALISIS PENGGUNAAN RADAR FMCW DALAM MENDETEKSI *GESTURE* TANGAN MENGGUNAKAN SDR

ANALYSIS OF HAND *GESTURE* DETECTION IN FMCW RADAR USING SDR

Sheren Marina Lawalata¹, Erfansyah Ali, S.T., M.T.², Edwar, S.T., M.T.³

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

¹sherenmarina@student.telkomuniversity.ac.id, ²erfansyahali@telkomuniversity.ac.id,

³edwarm@telkomuniversity.ac.id.

Abstrak

Radio Detection And Ranging (Radar) adalah sebuah sistem gelombang elektromagnetika yang berguna untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan mengukur sebuah target. Salah satu jenis radar yaitu *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW). Selain di bidang militer, pemanfaatan radar juga diimplementasikan dalam pendeteksian *gesture* tangan. Hal tersebut biasa disebut sebagai komunikasi antar manusia dengan mesin atau *Human to Machine* (H2M). Tugas Akhir ini membahas cara kerja sebuah sistem radar FMCW menggunakan blok delay sebagai pengganti SDR dalam mendeteksi sebuah target. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa kasus. Pada saat penggunaan 1 blok delay, 2 blok delay, dan 3 blok delay. Nilai – nilai pada blok delay tersebut diasumsikan sebagai *gesture* tangan yang berbeda. Untuk pengambilan data, data akan direkam pada blok file sink di GNU Radio selama 10 detik dan akan dilihat hasilnya pada Matlab. Dari hasil simulasi yang dilakukan, terbukti bahwa ketiga target yang diasumsikan dengan pemanfaatan blok delay menghasilkan keluaran yang berbeda. Perbedaan tersebut terlihat pada Keluaran Amplitude di GNU Radio, Keluaran LPF, dan juga Keluaran FFT. Semakin besar nilai delay, maka semakin jauh jarak dan perbedaan fasa yang dihasilkan.

Kata Kunci : Radar, FMCW, *Gesture* tangan, GNU Radio.

Abstract

Radio Detection And Ranging (Radar) is an electromagnetic wave system that is useful for detecting, identifying, and measuring a target. One type of radar is the *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW). Besides in the military field, the use of radar is also implemented in the detection of hand gestures. This is commonly referred to as communication between humans and machines or *Human to Machine* (H2M). This Final Project discusses the workings of an FMCW radar system using delay blocks instead of SDR in detecting a target. This research was conducted in several cases. When using 1 block delay, 2 block delays, and 3 block delays. The values in the delay block are assumed to be different hand gestures. For data retrieval, the data will be recorded in the file sink block on GNU Radio for 10 seconds and the results will be seen in Matlab. From the results of the simulation carried out, it is evident that the three targets assumed by using the delay block produce different outputs. The difference is seen in the Amplitude Output on GNU Radio, LPF Output, and also the FFT Output. The greater the delay value, the farther the distance and phase difference produced.

Keywords: Radar, FMCW, Hand gesture, GNU Radio.

1. Pendahuluan

Saat ini, perkembangan teknologi sudah sangat pesat dibidang telekomunikasi. Salah satunya yaitu *Radio Detection And Ranging* (Radar). Radar adalah sebuah sistem gelombang elektromagnetika yang berguna untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan mengukur sebuah target [1]. Informasi yang dihasilkan biasanya berupa jarak, kecepatan, dan arah. Selain di bidang militer, pengaplikasian radar juga diimplementasikan dalam pendeteksian *gesture* tangan. Hal tersebut biasa disebut sebagai komunikasi antar manusia dengan mesin atau *Human to Machine* (H2M). Salah satu manfaat dari H2M dalam mendeteksi *gesture* tangan yaitu akan sangat membantu penyandang disabilitas dalam mengendalikan sebuah perangkat audio.

Salah satu *software* yang mulai dimanfaatkan penggunaannya dalam teknologi radar yaitu *Software Define Radio* (SDR). Biasanya SDR membutuhkan alat seperti BladeRF atau USRP untuk membantu pengendalian sebuah system radar. Radar yang berbasis *software* tidak terlalu membutuhkan biaya yang besar dan memiliki banyak fungsi serta lebih *flexible* [2]. Salah satu jenis radar yaitu *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMCW). FMCW merupakan jenis radar dengan sinyal continuous, dimana sinyal sinusoidalnya dimodulasi oleh frekuensi [1]. FMCW berfungsi untuk mendeteksi sebuah target yang ingin dideteksi untuk mendapatkan informasi jarak dan kecepatan target.

Tugas Akhir ini akan menganalisis sebuah sistem radar FMCW menggunakan blok delay pada GNU Radio sebagai pengganti dari SDR untuk mendeteksi gesture tangan sebagai sebuah target. Penelitian ini akan menghasilkan perbedaan setiap gesture yang akan diasumsikan menggunakan delay.

2. Konsep Dasar

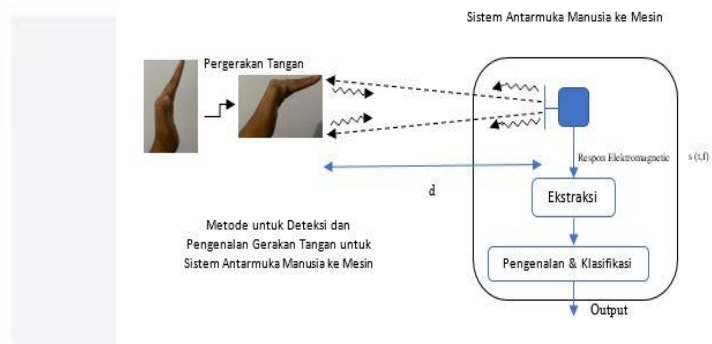
2.1 Radar

Radio Detection And Ranging (Radar) adalah sebuah sistem gelombang elektromagnetika yang berguna untuk mendeteksi dan mengukur jarak sebuah benda [1]. Secara umum, sistem radar menggunakan bentuk gelombang termodulasi dan antena pengarah untuk mentransmisikan energi elektromagnetik. Target akan memantulkan sinyal dan akan kembali ke radar. Pantulan sinyal tersebut yang kemudian diproses oleh penerima radar untuk mengekstraksi informasi target seperti jarak, kecepatan, posisi sudut, dan karakteristik pengidentifikasi target lainnya [3]. Untuk mengetahui jarak sebuah target, terdapat persamaan 2.1.

$$R = \frac{c\Delta t}{2} \quad (2.1)$$

2.1.1 Aplikasi Radar untuk Mendeteksi *Gesture*

Pada saat radar mendeteksi sebuah target seperti *gesture* tangan, prinsip kerja radar akan diterapkan. Salah satunya yaitu *Continuous Wave* radar. CW radar akan memancarkan gelombang elektromagnetik ke tangan dan akan menghasilkan efek Doppler karena adanya pergeseran frekuensi yang terjadi [4]. Salah satu aplikasi radar untuk mendeteksi *gesture* tangan pernah diteliti seperti yang dijelaskan pada *paper* berjudul “*Gesture Motion Interpretation Using CW Radar for H2M Communication*”. *Paper* tersebut mengembangkan model ekstraksi respon Doppler sebagai dasar dari *Human to Machine* (H2M) untuk para penyandang disabilitas. Ilustrasi dari *paper* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pendeteksian Gesture Tangan Menggunakan Doppler Radar [4].

2.2 Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW)

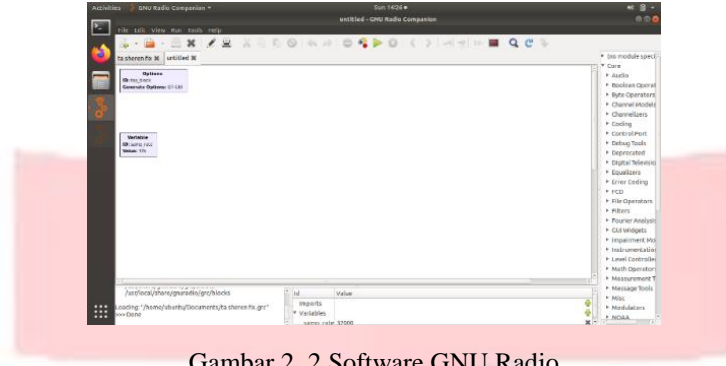
Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) merupakan salah satu jenis radar dengan sinyal kontinu yang termodulasi frekuensi. Pada radar FMCW, transmitter memancarkan gelombang radio dimana frekuensi dari gelombang tersebut secara terus menerus meningkat dan menurun dari sebuah nilai frekuensi tertentu [5]. Frekuensi yang dipantulkan dan diterima akan berbeda dengan frekuensi yang dipancarkan. Perbedaan frekuensi tersebut yang akan merepresentasikan waktu yang diperlukan oleh sinyal untuk merambat dari transmitter sampai mengenai target/objek. Hal tersebut menghasilkan frekuensi beat. Frekuensi beat adalah perbedaan frekuensi antara gelombang yang dikirim dan yang diterima [5][6]. Pada saat gelombang dipancarkan dan mengenai target, target akan memantulkan gelombang kembali ke radar. Gelombang pantul tersebut merupakan duplikasi gelombang pancar yang mengalami pelemahan dan penundaan waktu [3]. Frekuensi beat (*f_{beat}*) juga bisa dibilang sebanding dengan *delay*.

2.3 Software Defined Radio (SDR)

Software Defined Radio (SDR) merupakan sebuah teknologi untuk membangun sistem radio yang lebih fleksibel dengan menggunakan *software*. Penggunaan SDR bertujuan untuk mengurangi pergantian hardware secara terus-menerus sehingga lebih menghemat biaya. Fungsi utama dari *software* adalah dapat diprogram untuk standar yang ada secara fleksibel [2]. Selain itu juga dapat diupdate secara dinamis dengan *software* baru tanpa banyak mengubah *hardware* dan infrastruktur yang sudah ada. [8].

2.4 GNU Radio Companion

GNU Radio merupakan perangkat lunak gratis yang dapat digunakan siapa saja untuk membuat dan merancang sistem radio yang berbasis perangkat lunak (*software*) [9]. Eric Blossom dan John Gilmore adalah pendiri proyek GNU Radio yang memiliki tujuan untuk menciptakan perangkat *open source* untuk perangkat lunak radio. GNU Radio dapat digunakan dalam OS berbasis Linux (Ubuntu).



Gambar 2. 2 Software GNU Radio

Aplikasi GNU Radio ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman Python, dan bagian pemrosesan sinyalnya diimplementasikan dalam bahasa pemrograman C++ dan semua blok didalam aplikasi tersebut dapat dihubungkan. Pengguna dapat dengan mudah membuat radio perangkat lunak untuk membuat grafik, yaitu dengan menghubungkan blok yang telah tersedia dalam GNU Radio.

3. Model Sistem dan Perancangan

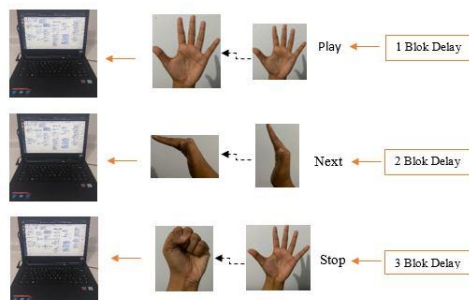
3.1. Desain Sistem

Desain sistem radar yang dibuat pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sistem radar untuk mendeteksi *gesture* tangan pada manusia. Hal tersebut akan mempermudah pekerjaan manusia dalam mengendalikan / mengontrol perangkat audio. Sistem ini dibuat untuk mendeteksi pergerakan tangan yang akan diukur dari radar ke target. Sehingga radar bisa mendapatkan informasi mengenai target yang sedang diamati. Sistem radar ini menggunakan metode pembangkit sinyal FMCW dan blok delay pada *software* GNU Radio yang berfungsi sebagai pengganti SDR untuk mendeteksi *gesture* tangan.

Akan ada beberapa kasus yang dicoba dalam penelitian Tugas Akhir ini dalam pengerjaan simulasi menggunakan pemanfaatan blok delay. Hal tersebut juga pernah dibahas didalam Master Thesis yang berjudul “FMCW radar implemented with GNU Radio Companion” [7] dan jurnal yang berjudul “Linear Frequency Modulation – Continuous Wave (LFM-CW) Radar Implementation Using GNU Radio dan USRP” [9] yang mengkonfersi blok delay sebagai objek yang dideteksi.

3.1.2 Perancangan Sistem Pendeteksi *Gesture*

Pada penelitian ini, terdapat gambaran singkat yang akan memperlihatkan jalannya perancangan sistem radar dalam mendeteksi *gesture* tangan untuk mengontrol perangkat audio.

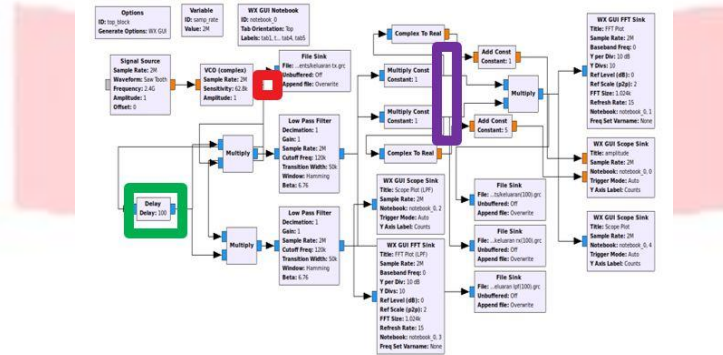


Gambar 3. 1 Sistem Pendeteksi Gesture

Gambar 3.1 memperlihatkan bahwa sistem ini akan mendeteksi tangan manusia untuk mengontrol perangkat audio. Terdapat 3 *gesture* tangan antara lain kedepan sebagai perintah *play*, kesamping sebagai perintah *next*, dan pada saat tangan dikepal sebagai perintah *stop*.

3.3 Simulasi

Pada tahapan simulasi ini, sistem radar FMCW akan dilakukan di dalam *software* GNU Radio. Perancangan sistem radar ini dimulai dengan menentukan komponen dan konfigurasi yang akan digunakan didalam simulasi tersebut. Agar menghasilkan keluaran sistem radar FMCW yang sesuai. Konfigurasi yang dibuat dan komponen yang digunakan dalam blok diagram radar FMCW ini untuk mendeteksi perbedaan delay yang digunakan sebagai perumpamaan *gesture* dan keluaran amplitudo yang dihasilkan oleh konfigurasi ini di GNU Radio.



Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem Radar FMCW

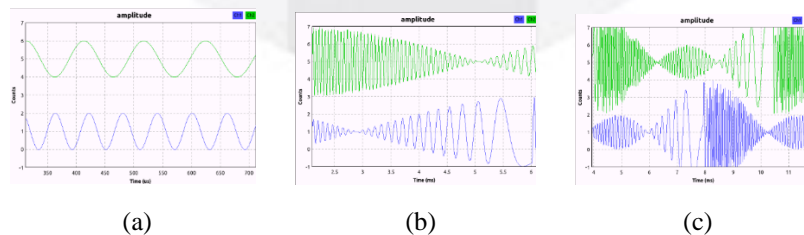
Keterangan :

- Keluaran sinyal yang di kirim (Tx)
- *Gesture* tangan yang diasumsikan menggunakan block delay
- Keluaran sinyal yang diterima (Rx)

Pada saat melakukan simulasi pada GNU Radio, percobaan akan dilakukan dalam beberapa kasus. Pada saat 1 delay, kemudian 2 delay, lalu 3 delay. Jadi, perumpamaan dan asumsi 1 delay itu akan menggambarkan pendeteksian *gesture* pertama yaitu kedepan (*Play*). Kemudian pada saat terdapat 2 delay maka akan menggambarkan pendeteksian *gesture* ke-2 yaitu sebagai gerakan kesamping (*Next*). Lalu, pada saat terdapat 3 delay yang digabungkan, maka akan menggambarkan pendeteksian ke-3 pada saat tangan dikepal sebagai tanda harus berhenti (*stop*). Nilai delay tersebut akan diasumsikan dalam nilai 100, 300, dan 500. Nanti akan mengeluarkan hasil yang berbeda dan dapat di asumsikan sebagai pengganti SDR dalam mendeteksi *gesture* tangan untuk mengontrol sebuah perangkat audio.

4. Hasil dan Analisis Pengujian

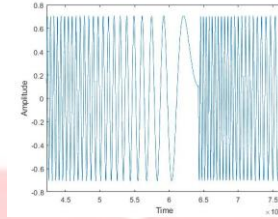
Hasil yang terlihat pada Gambar 4.1, memperlihatkan adanya perbedaan pada penggunaan blok delay.



Gambar 4. 1 Keluaran Amplitudo (a) 1 delay, (b) 2 delay, (c) 3 delay

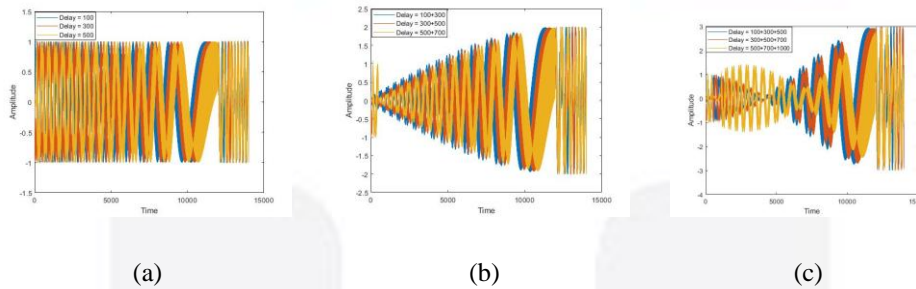
Pada saat 1 delay, nilai delay = 100. Pada saat 2 delay, nilai delay = 100 + 300 dan pada saat 3 delay, nilai delay = 100 + 300 + 500. Berdasarkan amplitudo yang dihasilkan pada Gambar 4.1, terlihat jelas bahwa pada saat nilai delay diubah, maka bentuk sinyal yang dikeluarkan dari sistem radar FMCW ini pun berubah. Semakin besar / semakin

banyak blok delay, maka semakin banyak frekuensi yang dihasilkan. Ketinggian amplitudonya pun terlihat. Pada saat delay ditambahkan maka amplitudo yang dihasilkan pun semakin tinggi. Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa sistem radar FMCW yang dibuat berfungsi dengan baik. Keluaran VCO memperlihatkan bentuk sinyal FMCW yang berbentuk gelombang sinusoidal. Sinyal yang dikeluarkan mulai dari bentuk yang rapat sampai bentuk yang renggang dan akan terus berulang. Sinyal tersebut akan terus berubah terhadap waktu.



Gambar 4. 2 Sinyal Keluaran VCO

Sinyal keluaran LPF yang terdapat pada Gambar 4.3 memperlihatkan bahwa semakin besar nilai delay maka semakin jauh jarak / pergeseran fasa yang dihasilkan dalam domain waktu.



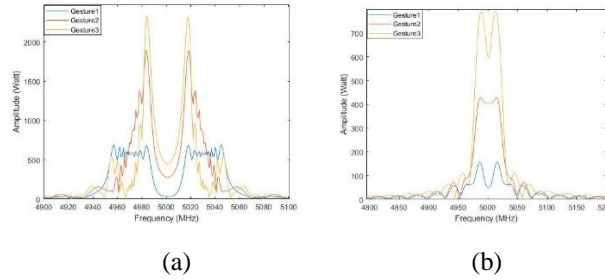
Gambar 4. 3 Sinyal Keluaran LPF (a) Gesture 1, (b) Gesture 2, (c) Gesture 3

Perbedaan sinyal keluaran lpf juga dapat dilihat pada Tabel 4.1. semakin besar nilai delay, maka semakin besar *range* yang dihasilkan pada keluaran lpf tersebut.

Tabel 4. 1 Hasil Perbandingan Sinyal Keluaran LPF

Sinyal LPF	Counts
Delay = 100	-1,1
Delay = 300	-1,1
Delay = 500	-1,1
Delay = 100 + 300	-2,2
Delay = 300 + 500	-2,2
Delay = 500 + 700	-2,2
Delay = 100 + 300 + 500	-3,3
Delay = 300 + 500 + 700	-3,3
Delay = 500 + 700 + 1000	-3,3

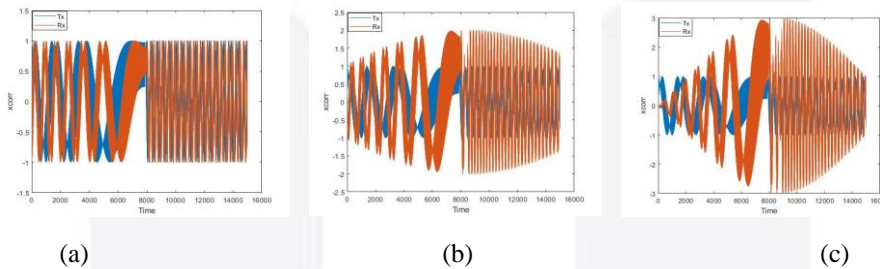
Gambar 4.4 memperlihatkan perbedaan sinyal keluaran FFT sebelum dan sesudah diberi filter. Sebelum diberi filter, sinyal keluaran FFT memiliki puncak yang lebih tinggi pada ketiga *gesture*. Setelah diberi filter, sinyal keluaran FFT yang dihasilkan pun lebih terlihat jelas dan ketinggiannya pun lebih rendah dibandingkan sebelum diberi filter.



Gambar 4. 4 Sinyal Keluaran FFT (a) sebelum difilter, (b) setelah difilter

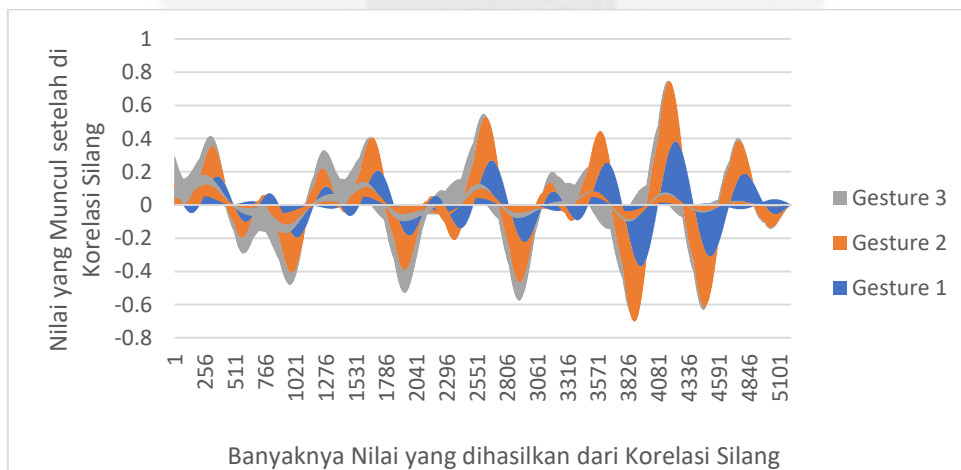
Setelah diberi filter, sinyal keluaran FFT lebih gampang dibaca karena sudah di saring dan terlihat perbedaannya dengan jelas. Sinyal yang dikeluarkan lebih rapih dan bentuknya pun terlihat jelas dibandingkan sebelum difilter.

Dari hasil yang dikeluarkan oleh Matlab pada Gambar 4.5 terlihat bahwa terjadinya korelasi silang pada 2 buah sinyal. Sinyal berubah ketika sinyal masukan (Tx) bertemu dengan efek dari *gesture* tangan (penggunaan blok delay). Tetapi hasil yang dikeluarkan tidak terlihat adanya puncak disetiap pulse / sinyal keluaran yang dihasilkan. Salah satu faktor yang mempengaruhi tidak adanya puncak disetiap pulse yaitu karena tidak adanya perangkat keras yang membantu jalannya pendeteksian. Gambar 4.6 juga memperlihatkan nilai-nilai yang dihasilkan setelah dilakukan *cross correlation*. Nilai - nilai tersebut yang dimasukkan kedalam excel untuk di plot dan dilihat perbedaannya grafiknya. Sumbu X memperlihatkan banyak nilai yang dihasilkan setelah *cross correlation*. Sedangkan sumbu Y memperlihatkan nilai-nilai yang muncul setelah terjadi *cross correlation*.



Gambar 4. 5 Sinyal Keluaran saat Korelasi Silang (a) Gesture 1, (b) Gesture 2, (c) Gesture 3

Setelah melakukan korelasi silang pada matlab, korelasi silang setiap *gesture* mengeluarkan nilai-nilai yang telah di plot pada Excel yang tergambar pada Gambar 4.6.

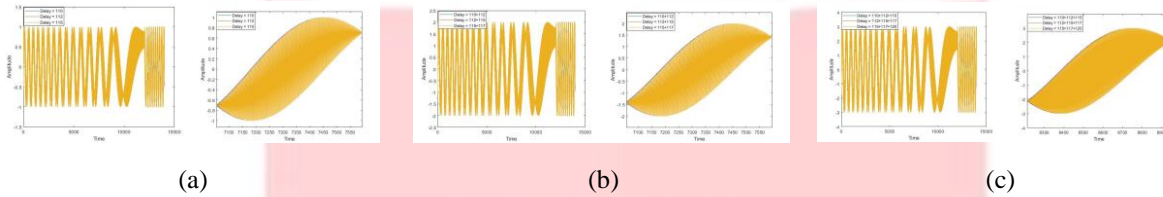


Gambar 4. 6 Keluaran Hasil Korelasi Silang yang telah di plot pada Excel.

4.4 Hasil Perubahan Nilai Delay yang sangat kecil

Pada saat nilai delay yang diubah sangat kecil, hasil akan menunjukkan pergeseran yang sangat kecil dan hampir tidak terlihat. Hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 4.7. Walaupun demikian, keluaran LPF tetap menghasilkan hasil yang berbeda dari setiap *gesture* yang telah dibuat. Hal tersebut menyatakan bahwa walaupun nilai delay berubah sangat kecil, sistem radar yang dibuat tetap berjalan dengan baik.

Perubahan tersebut dapat dilihat dari perbedaan amplitude yang dihasilkan setiap *gesture* / penggunaan delay yang digunakan. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4. Pada saat terdapat 3 blok delay hasilnya akan memperlihatkan range amplitude yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan 2 blok delay. Begitu juga dengan penggunaan 2 blok delay, akan memperlihatkan range amplitude yang lebih besar dibandingkan 1 blok delay.

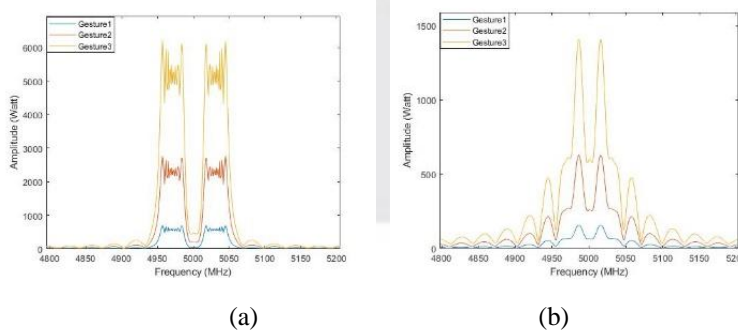


Gambar 4. 7 Sinyal Keluaran LPF (a) Gesture 1, (b) Gesture 2, (c) Gesture 3

Gambar 4.7 juga memperlihatkan perbedaan fasa yang sangat kecil. Semakin besar nilai delay maka semakin jauh jarak yang dihasilkan. Hasilnya akan terlihat ketika diperbesar. Ini berarti, sistem radar yang dibuat berjalan dengan baik.

Tabel 4. 4 Hasil Perbandingan Sinyal Keluaran LPF

Sinyal LPF	Counts
Delay = 110	-1,1
Delay = 112	-1,1
Delay = 115	-1,1
Delay = 110 + 112	-2,2
Delay = 112 + 115	-2,2
Delay = 115 + 117	-2,2
Delay = 110 + 112 + 115	-3,3
Delay = 112 + 115 + 117	-3,3
Delay = 115 + 117 + 120	-3,3



Gambar 4. 8 Sinyal Keluaran FFT (a) sebelum difilter, (b) setelah difilter

Gambar 4.8 memperlihatkan bahwa perubahan nilai delay yang sangat kecil juga berpengaruh pada sinyal keluaran FFT. Semakin besar nilai delay / semakin banyak blok delay yang ditambahkan maka nilai amplitude akan lebih tinggi dan range frekuensinya akan lebih lebar. Setelah difilter, nilai yang dihasilkan lebih kecil dan juga range frekuensinya lebih sempit dibandingkan dengan hasil sebelum di filter.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, maka dapat disimpulkan bahwa sistem Radar FMCW yang dibuat untuk mendeteksi *gesture* tangan dapat berjalan dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari keluaran VCO yang dihasilkan. Hasilnya menunjukkan keluaran gelombang sinusoidal yang berubah terhadap waktu. Terdapat 3 pemodelan *gesture* tangan yaitu, pada saat tangan ke depan sebagai perintah *play*, yang kedua pada saat tangan ke samping sebagai perintah *next* dan yang ketiga pada saat tangan dikepal sebagai perintah *stop*. Hal tersebut dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat audio. Terlihat jelas hasil keluaran yang dihasilkan dari ketiga *gesture* yang dibuat dari pemanfaatan blok delay sebagai pengganti SDR. Hal tersebut dapat dilihat dari Keluaran LPF dan Keluaran FFT yang telah disimulasikan menggunakan GNU Radio dan diolah filenya di Matlab. Semakin besar nilai delay / blok delay yang digunakan maka semakin jauh jarak yang dihasilkan pada keluaran GNU Radio. Jadi terlihat perbedaan fasa yang dihasilkan. Begitu juga dengan Keluaran FFT, semakin besar nilai delay / blok delay yang digunakan, maka semakin tinggi puncak FFT dan terjadi pergeseran frekuensi. Hal tersebut diakibatkan karena adanya efek Doppler. Korelasi silang yang terjadi tidak menghasilkan puncak pada sinyal yang dikeluarkan. Hal tersebut bisa terjadi karena tidak adanya alat yang membantu. Tetapi, sinyal Tx dan Rx mengeluarkan hasil yang baik sebagai sebuah *gesture* pada saat dilakukan Korelasi Silang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Skolnik, *Radar Handbook*, Third Edition, New York: McGraw-Hill Book, Vol. 53, 2008.
- [2] P. B. Kenington, *RF and Baseband Techniques for Software Defined Radio*, 2005.
- [3] Bassem R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*, Vol. 53, 2000.
- [4] Edwar, A. A. Pramudita, and E. Ali, "Gesture Motion Interpretation Using CW Radar for H2M Communication," pp. 139–141, 2019.
- [5] Samijayani, O. N., Rahmatia, S., Septiyani, V. N., & Ibrahim, "Perancangan Software Defined Radar Untuk Radar Pulsa dan Radar FMCW," *Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 3(3), 144–149, 2016.
- [6] MacAsero, J. M. S., Gerasta, O. J. L., Pongcol, D. P., Ylaya, V. J. V., & Caberos, A. B, "Underground target objects detection simulation using FMCW radar with SDR platform," *IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management*, 1–7, 2018
- [7]. Zhu Qizhao, Wang Yaqi, *FMCW radar implemented with GNU Radio companion*, Sweden: Linnaeus University, 2016.
- [8]. Sari, S. N, "Kinerja Modulasi BPSK Modem Software Defined Radio pada DSK TMS320C6713," *Jurnal EECCIS*, Vol. 10, No.1, 2016.
- [9]. Y.P.Saputera, M.Wahab, Y.Wahyu, "Linear Frequency Modulation – Continuous Wave (LFM-CW) Radar Implemented using GNU and USRP," Bandung, *IEEE*, 2015