

Kinerja Pengolahan Sinyal Gerakan Tanda Isyarat Melalui *Compressive Sampling* Untuk Teknologi Radar *Doppler* dengan *Long Range*

Puspa Kurniasari¹, Iwan Pahendra Anto Saputra², Melia Sari³, Catur Yuditya Febri Andhika⁴

Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, Indralaya
Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM 32, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan 30662

¹puspakurniasari@ft.unsri.ac.id

²iwanpahendra@unsri.ac.id

³meliasari@ft.unsri.ac.id

⁴catur.yf.andhika0402@gmail.com

Intisari — Sinyal merupakan media pembawa informasi yang mengalami perubahan besaran fisis ketika mengalami propagasi dalam ruang dan waktu. Perangkat wireless dalam menggunakan sinyal untuk pengiriman informasi selalu mengikuti perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang berkembang pesat. Salah satu teknologi berbasis wireless yaitu radar doppler yang mentransmisikan sinyal untuk mengenali keberadaan objek dan gerakan objek. Akan tetapi, sinyal pantulan dari objek dapat dipengaruhi noise, interferensi dan objek sekitar sehingga kinerja radar doppler bekerja tidak optimal dalam transmisi sinyal. Jangkauan sinyal juga mengalami keterbatasan transmisi terhadap objek. Pada penelitian ini, compressive sampling digunakan dalam pengolahan sinyal terima purwarupa radar doppler terhadap gerakan isyarat objek agar kualitas sinyal yang dihasilkan oleh sistem dapat memberikan informasi objek yang sesuai dengan estimasi sinyal asli dan penggunaan teknologi long range atau lora pada radar doppler untuk menjangkau objek pada posisi jarak tertentu. Kinerja compressive sampling menunjukkan hasil yang diperoleh yaitu mean square error paling rendah di 3,6532 % dengan rasio sinyal terhadap noise atau SNR yaitu 3.1326 dB dan rasio peak sinyal terhadap noise atau PSNR ialah 31.4365 dB dengan amplitudo 69 V untuk gerak isyarat sejumlah susunan kata ‘buku matematika di atas meja’ di jarak dua meter. Compressive sampling telah dapat berfungsi sebagai cara pengolahan sinyal pada hasil pengembangan radar doppler dengan teknologi long range.

Kata kunci — Compressive, lora, noise, sampling, wireless.

Abstract — Signal is a media of information carrier that change in physical magnitude when propagating in space and time. Wireless devices in using signals for sending information always follow the development of information and communication technology that is growing rapidly. One of the wireless-based technologies is doppler radar which transmits signals to recognize the presence of objects and object movements. However, the reflected signal from objects can be affected by noise, interference and surrounding objects so that the performance of the Doppler radar does not work optimally in signal transmission. The signal range also suffers from limited transmission of objects. In this study, compressive sampling was used in processing the signal received by the Doppler radar prototype for the object's signal movement so that the signal quality generated by the system can provide object information that matches the original signal estimate and the use of long range or lora technology on the Doppler radar to reach objects at positions certain distance. Compressive sampling performance shows that the results obtained are the lowest mean square error at 3.6532% with a signal to noise ratio or SNR of 3.1326 dB and a peak signal to noise ratio or PSNR of 31.4365 dB with an amplitude of 69 V for a number of word order gestures. math book on the table' at a distance of two meters. Compressive sampling has been able to function as a way of signal processing on the results of the development of doppler radar with long range technology.

Keywords — Compressive, lora, noise, sampling, wireless.

I. PENDAHULUAN

Informasi yang dikirimkan melalui teknologi informasi dan komunikasi sangat berkaitan dengan sistem wireless antar perangkat bersifat elektrik. Informasi berupa suara, gambar dan video termasuk gerakan atau posisi suatu objek dikirimkan melalui perangkat sumber ke perangkat tujuan.

Implementasi perubahan dari informasi ke gelombang elektromagnetik yaitu dalam bentuk sinyal yang selanjutnya merambat melalui kanal udara bebas. Sinyal mengalami perambatan dari subsistem perangkat pengirim yang dilengkapi transmitter menuju subsistem perangkat penerima yang dilengkapi receiver sebagai tujuan pengiriman informasi *end to end*.

Diantara teknologi informasi dan komunikasi yang berbasis sistem wireless, radar doppler menjadi salah satu teknologi yang memiliki sistem transmisi dan sistem penerimaan sinyal terhadap objek yang menjadi target radar doppler. Sinyal yang ditransmisikan dalam pengarahannya tertentu terhadap objek maka akan dipantulkan ke receiver radar doppler untuk selanjutnya diproses oleh sistem radar tersebut. Propagasi sinyal yang terjadi selama operasional radar doppler rentan dipengaruhi noise yang merupakan gangguan terhadap sinyal dalam pengiriman informasi antar perangkat wireless.

Bandwidth sinyal transmisi menjadi tidak maksimal dalam pemanfaatan sehingga berdampak pada alokasi kapasitas serta kecepatan pengiriman informasi. Kualitas informasi mengenai objek dan gerakan objek mengalami penurunan dan memiliki kendala saat pembacaan oleh sistem receiver radar atau kinerja sistem radar doppler menjadi tidak optimal. Selain itu, jangkauan transmisi sinyal yang masih mengalami kendala saat estimasi sinyal terhadap objek. Berdasarkan permasalahan-permasalahan tersebut, proses pengolahan sinyal dengan metode compressive sampling diaplikasikan pada penelitian ini. Kinerja sistem akan dioptimalisasi melalui pencuplikan sinyal yang dikompresi dan direkonstruksi untuk memaknai objek dan gerakan objek. Radar doppler yang digunakan dalam penelitian akan dilengkapi dengan long range transceiver untuk perluasan jangkauan terhadap objek. Objek yang digunakan pada penelitian ini yaitu manusia yang memperagakan gerak isyarat.

Identifikasi informasi dari kecepatan dan bentuk gerak isyarat ini akan dikenali dan dimaknai setiap kata atau kalimatnya sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu pemanfaatan compressive sampling sebagai cara pengolahan sinyal gerak isyarat dalam rangka peningkatan kinerja sistem radar doppler dengan teknologi long range yang optimal. Dalam penelitian[1], metode compressive sampling telah digunakan untuk pengolahan citra menghasilkan bit error rate mendekati nol dan PSNR lebih 40 dB. Selain itu, spectrogram dan MFCC graph sudah digunakan oleh radar doppler untuk pengenalan gerakan tangan dengan uji image melalui deep learning memiliki rekognisi 94

%[2] sedangkan pengenalan gerakan tangan telah dapat dilakukan melalui penggunaan sejumlah sensor melalui teknik min-max data sensor[3] dan melalui model radar Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW)[4]. Rekognisi gerakan tangan melalui pencuplikan kompresif sinyal juga terjadi pada pengujian gerak objek di dalam ruangan dan di luar ruangan[5].

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini melalui tahap – tahap penelitian yaitu pengkajian dan penelaahan topik yang diteliti melalui studi literatur pada tahap awal. Studi mengenai pengolahan sinyal pada aplikasi radar doppler dan sistem wireless radar serta teknologi wireless pada long range. Tahap selanjutnya adalah pemilihan dan persiapan komponen dengan referensi spesifikasi yang menunjang rancangan teknologi radar dengan long range berbasis antena isotropis. Setelah tahap tersebut, perancangan radar doppler dengan long range dilakukan sesuai bahan dan alat yang sudah dipersiapkan.

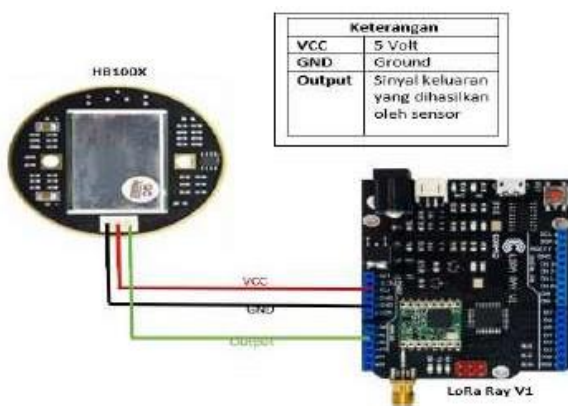
Objek dan gerakan isyarat yang menjadi target radar dipersiapkan pada tahap berikutnya sebagai persiapan gerakan isyarat yang akan dibaca dan diuji dengan radar doppler dengan long range. Bahasa isyarat yang digunakan adalah bahasa Indonesia dengan standar gerak isyarat Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) yaitu sistem isyarat dengan gerakan satu tangan dan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) dengan dua tangan untuk penyampaian abjad[6]. Purwarupa yang dirancang selanjutnya diuji terhadap objek yang menyampaikan gerak isyarat. Sinyal pantulan gerak isyarat diterima receiver sistem radar dengan long range untuk diolah menggunakan compressive sampling pada tahap selanjutnya. Pantulan sinyal pada jarak jangkauan tertentu dengan radar doppler menggunakan teknologi long range diukur terhadap posisi objek dan diamati tanggapan sistemnya dan mempengaruhi jumlah panjang sinyal yang diperoleh.

Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah pengambilan sample sinyal untuk kompresi dan rekonstruksi sinyal gerak isyarat dan berdasarkan hasil tanggapan sistem tersebut dan pengolahan compressive sampling maka

diukur dan dianalisis estimasi hasil pembacaan gelombang sinyal terhadap gerak isyarat bahasa yang disampaikan kemudian besar signal noise to ratio[7], peak signal to noise ratio[8] dan mean square error[9]. Pada tahap terakhir, pembahasan hasil rancangan purwarupa radar doppler dengan long range dan hasil pengujiannya, pembahasan hasil pengolahan sinyal gerak isyarat dengan compressive sampling pada purwarupa yang sudah dirancang dan parameter signal noise to ratio, peak signal to noise ratio dan mean square error.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, perancangan purwarupa radar doppler dengan spesifikasi frekuensi 10,525 GHz dengan teknologi long range telah diperoleh dan purwarupa tersebut diuji kinerjanya terhadap objek dan gerak isyarat dari objek. Pengiriman sinyal dari transmitter purwarupa radar doppler dengan long range dan pantulan sinyal yang diterima receiver purwarupa memberikan respon atau tanggapan dari sistem purwarupa hasil rancangan. Pembangunan dan pengembangan purwarupa dimulai dari skema desain rangkaian dan hasilnya seperti pada Gambar 1.



Gbr. 1 Rancangan skema purwarupa radar doppler dengan long range

Tegangan yang digunakan pada rangkaian Gambar 1 yaitu tegangan 5 volt sebagai tegangan operasional kerja rangkaian. Rangkaian menggunakan arduino yang terhubung dengan transceiver long range untuk jarak jangkauan antara purwarupa radar dengan objek target. Proses sinkronisasi

melalui inisialisasi awal menggunakan masukan jenis analog terhubung dengan keluaran purwarupa dimana tegangan 5 volt arduino terhubung dengan Vcc. Purwarupa yang dikembangkan berdasarkan rancangan skematik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gbr. 2 Purwarupa radar doppler dengan teknologi long range

Perangkat purwarupa radar doppler yang dikembangkan menggunakan teknologi long range telah bekerja sesuai fungsinya berdasarkan cara kerja radar dengan sebaran gelombang elektromagnetik ke arah objek sehingga transceiver dapat mengirim dan menerima sinyal dari atau ke arah objek.

Gambar 3 merupakan pengaturan rangkaian purwarupa dengan masukan analog untuk inisialisasi kerja perangkat purwarupa sebelum rangkaian diarahkan menuju objek target.



Gbr. 3 Inisialisasi kerja perangkat purwarupa radar doppler dengan long range

Pada penelitian ini, purwarupa menggunakan antenna isotropis sebagai transceiver long range. Sebelum dilakukan pengamatan sinyal terhadap objek manusia yang memberikan gerak isyarat, pengujian perangkat dilakukan dengan pengukuran

osiloskop digital pada jarak yang ditentukan yaitu 1 meter, 2 meter, 3 meter, 4 meter dan 5 meter. Pengujian purwarupa rangkaian dihadapkan pada dinding tanpa adanya objek dan tanpa ada gerakan isyarat dari objek seperti pada Gambar 4.



Gbr. 4 Posisi pengujian purwarupa tanpa objek

Gelombang elektromagnetik yang ditransmisi mendeteksi kestabilan kondisi sekitar posisi objek yaitu situasi lingkungan atau benda – benda sekitar objek target. Pengamatan hasil transmisi sinyal dari purwarupa jika tanpa objek dapat dilihat pada Gambar 5 dengan hasil tampilan belum ada perubahan gelombang yang signifikan di level nilai tegangan tertentu.



Gbr. 5 Pengujian kerja purwarupa tanpa objek

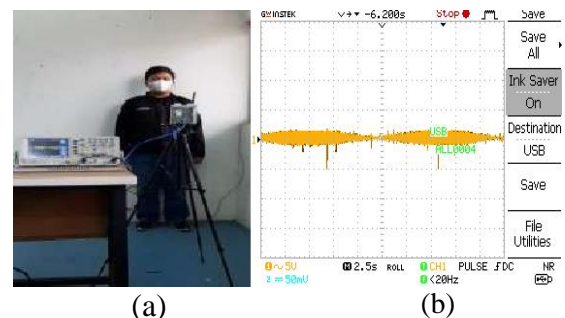
Sistem transmitter prototipe radar doppler dengan long range membangkitkan sinyal

untuk kemudian ditransmisikan dan sinyal mengalami propagasi kanal wireless untuk membaca objek yang searah tegak lurus dengan posisi transceiver purwarupa. Pengenalan kehadiran objek target dilakukan melalui tahap – tahap pengujian untuk gerakan isyarat dari objek yaitu pengujian kinerja purwarupa dengan posisi objek diam dilanjutkan dengan penentuan gerakan isyarat bahasa dan pengujian kinerja purwarupa dengan kehadiran objek target yang memperagakan gerakan isyarat pada jarak tertentu. Adapun rincian tahap pengujian yang sudah dilakukan dalam penelitian ini serta hasil pengujian yang diperoleh sebagai berikut :

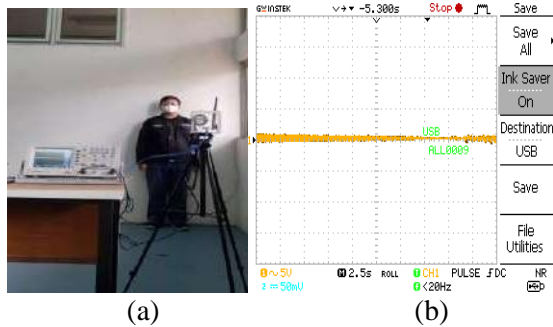
1. Pengenalan objek pada kondisi awal untuk sinyal transmit purwarupa radar doppler dengan teknologi long range terhadap objek tanpa penggunaan gerakan isyarat bahasa pada jarak 1 meter, 2 meter, 3 meter, 4 meter dan 5 meter.

Pengujian purwarupa dan pengukuran sinyal pantulan terhadap objek pada jarak 1 meter antara purwarupa dan objek dapat dilihat pada gambar 6a dan dan hasil pengukuran osiloskop ditunjukkan gambar 6b. Sedangkan pada pengujian purwarupa dan pengukuran sinyal pantulan objek pada jarak 2 meter seperti pada gambar 7a dan hasil dari pengukuran sinyal terhadap objek target ditunjukkan oleh gambar 7b.

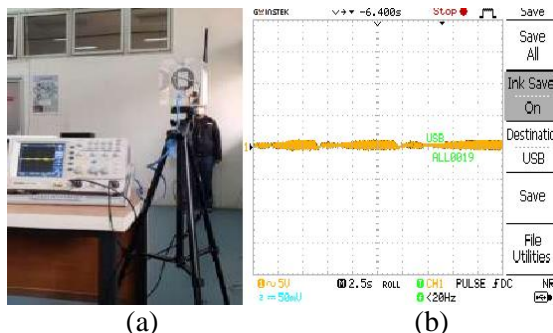
Penambahan jarak satu meter untuk pengujian selanjutnya yaitu pengujian kerja purwarupa untuk pengukuran sinyal yang dipantulkan objek pada jarak 3 meter seperti pada gambar 8a dan hasil dari pengukuran sinyal hasil pemantulan dari objek tangan gerakan isyarat dapat dilihat pada gambar 8b.



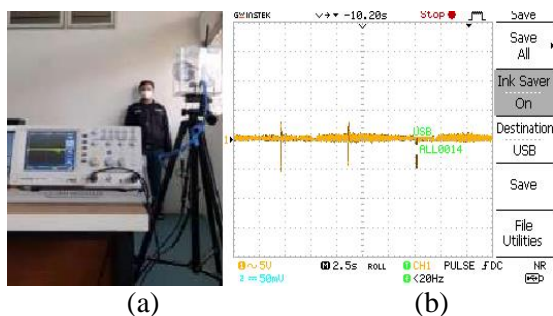
Gbr. 6 Pengujian purwarupa untuk jarak 1 meter
(a) posisi objek tanpa gerak isyarat (b) gelombang sinyal pembacaan objek target



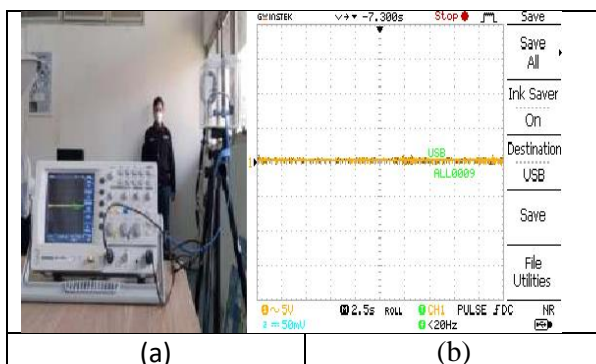
Gbr. 7 Pengujian purwarupa untuk jarak 2 meter
(a) posisi objek tanpa gerak isyarat (b) gelombang sinyal pembacaan objek target.



Gbr. 8 Pengujian purwarupa untuk jarak 3 meter
(a) posisi objek tanpa gerak isyarat (b) gelombang sinyal pembacaan objek target.



Gbr. 9 Pengujian purwarupa untuk jarak 4 meter
(a) posisi objek tanpa gerak isyarat (b) gelombang sinyal pembacaan objek target



Gbr. 10 Pengujian purwarupa untuk jarak 5 meter
(a) posisi objek tanpa gerak isyarat (b) gelombang sinyal pembacaan objek target

Untuk pengukuran sinyal terhadap objek pada jarak 4 meter ditunjukkan oleh Gambar 9a dan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 9b.

Sedangkan pengujian berikutnya yaitu untuk pengukuran sinyal pantulan objek pada jarak 5 meter yang ditunjukkan pada Gambar 10a dan hasil pengukuran yang diperoleh seperti pada Gambar 10b

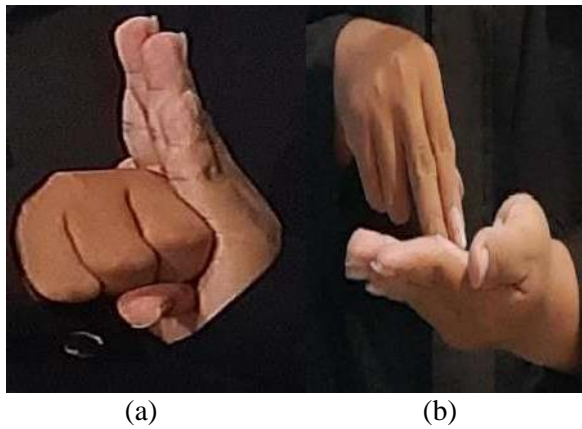
Berdasarkan hasil pengujian tanpa gerakan isyarat dari objek menunjukkan bahwa perangkat purwarupa dapat bekerja menurut kepekaan terhadap objek menggunakan gelombang elektromagnetik dimana semakin jauh jarak dengan objek maka nilai amplitudo sinyal cenderung mendekati nol. Akan tetapi, pada jarak 3 meter menunjukkan terdapat distorsi sinyal yang dipengaruhi benda sekitar objek dan noise yang terjadi selama transmisi end to end objek ke purwarupa radar.

2. Penggunaan Gerakan Isyarat

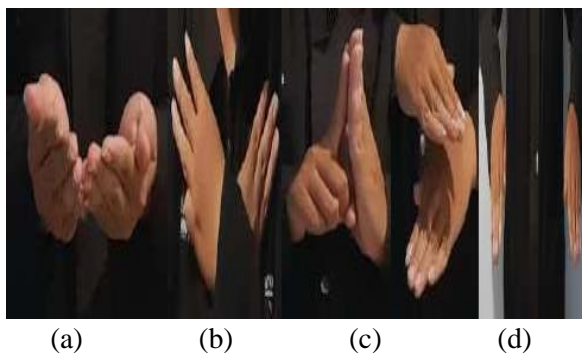
Gerakan isyarat yang diperagakan objek manusia menggunakan gerakan tangan untuk menunjukkan suatu informasi kata yang ingin disampaikan objek. Standar gerak isyarat menggunakan standar aturan gerak isyarat Sistem Isyarat Bahasa Indonesia[10]. Tabel 1 merupakan kata atau suku kata yang diperagakan oleh objek target, sedangkan sejumlah gerakan isyarat dari beberapa kata yang berasal dari tabel 1 yaitu kata 'menulis' seperti pada gambar 11(a) dan 11(b) dan kata 'buku matematika di atas meja' seperti pada gambar 12(a) sampai dengan 12(e)

Tabel 1. Penggunaan Kata Untuk Gerak Isyarat

No.	Kata Bahasa Isyarat	Jumlah Gerak Isyarat	Jumlah Kata Bahasa Isyarat
1.	Menulis	Dua	2
2.	Makan	Satu	1
3.	Kami Membaca Buku	Empat	3
4.	Mereka Pergi Ke Sekolah	Empat	4
5.	Buku Matematika Di Atas Meja	Lima	5



Gbr. 11 Gerakan isyarat kata ‘menulis’ (a) gerak isyarat ‘me’ (b) gerak isyarat ‘tulis’

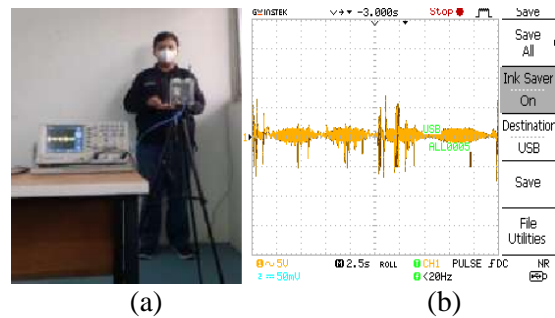


Gbr. 12 gerakan isyarat kalimat ‘buku matematika di atas meja’ (a) gerak isyarat ‘buku’, (b) gerak isyarat ‘matematika’ (c) gerak isyarat ‘di’ (d) gerak isyarat ‘atas’ (e) gerak isyarat ‘meja’

Pada gambar 11(a) dan 11(b) serta gambar 12(a) sampai dengan 12(e) merupakan beberapa gerakan dari tabel 1 yang ditampilkan untuk pengujian gerak isyarat dimana untuk kata ‘menulis’ terdiri dari me- dan tulis sehingga terdiri dari dua gerakan isyarat sedangkan kalimat ‘buku matematika di atas meja’ berjumlah lima gerakan dimana terdiri dari gerak isyarat ‘buku’, gerak isyarat ‘matematika’, gerak isyarat ‘di’, gerak isyarat ‘atas’ dan gerak isyarat ‘meja’.

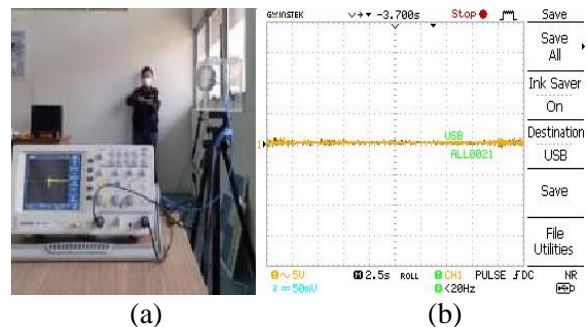
3. Pengukuran sinyal purwarupa radar doppler dengan teknologi long range terhadap objek manusia dengan penggunaan gerakan isyarat bahasa pada jarak terdekat 1 meter dan jarak terjauh 5 meter dengan time sampling 2,5 detik dan tegangan volt/div sebesar 5v.

a) Pengukuran isyarat kata ‘menulis’ berdasarkan jarak purwarupa radar terhadap objek target pada jarak 1 meter dan hasil pengukurannya seperti pada gambar 13(a) dan gambar 13(b).



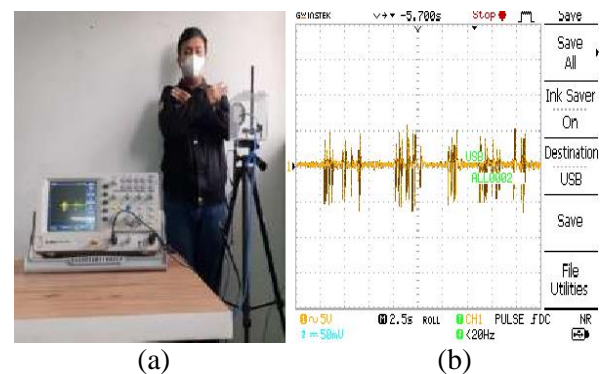
Gbr. 13 Pengujian purwarupa untuk jarak 1 meter
(a) posisi objek dengan gerak isyarat,
(b) gelombang sinyal pembacaan objek target

b) Pengukuran isyarat kata ‘menulis’ berdasarkan jarak purwarupa radar terhadap objek target pada jarak 5 meter dan hasil pengukurannya seperti pada gambar 14(a) dan gambar 14(b).



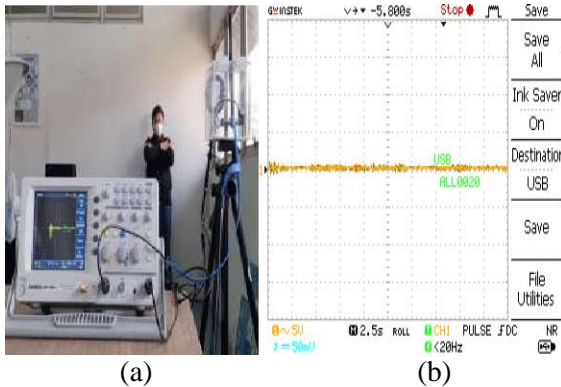
Gbr. 14 Pengujian purwarupa untuk jarak 5 meter
(a) posisi objek dengan gerak isyarat, (b)
gelombang sinyal pembacaan objek target

c) Pengukuran isyarat kalimat ‘buku matematika di atas meja’ berdasarkan jarak purwarupa radar terhadap objek target pada jarak 1 meter dan hasil pengukurannya seperti pada gambar 15(a) dan gambar 15(b).



Gbr. 15 Pengujian purwarupa untuk jarak 1 meter
(a) posisi objek dengan gerak isyarat, (b)
gelombang sinyal pembacaan objek target

d) Pengukuran isyarat kalimat ‘buku matematika di atas meja’ berdasarkan jarak purwarupa radar terhadap objek target pada jarak 5 meter dan hasil pengukurannya seperti pada gambar 16(a) dan gambar 16(b).



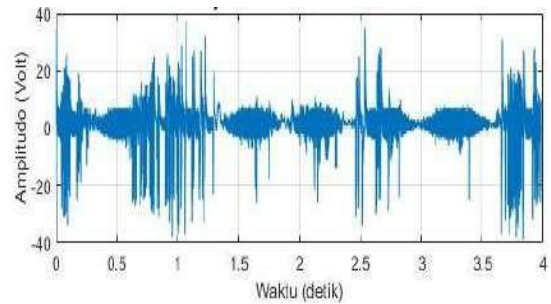
Gbr. 16 Pengujian purwarupa untuk jarak 5 meter
(a) posisi objek dengan gerak isyarat (b) gelombang sinyal pembacaan objek target

4. Pembacaan sinyal gerakan isyarat melalui perangkat lunak *Matrix Laboratory* (MATLAB).

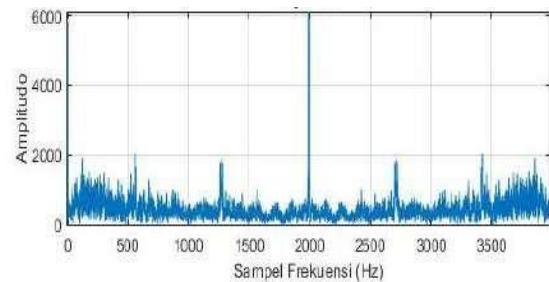
Pada tahap ini, sinyal pantulan gerakan isyarat objek yang berasal dari gerakan jari tangan dan telah diukur melalui pembacaan osiloskop selanjutnya nilai-nilai variabel dari sinyal tersebut diolah oleh matlab menjadi matriks. Beberapa kata yang diujikan berdasarkan batasan jarak paling dekat dengan prototipe dan jarak paling jauh dengan prototipe yaitu kata ‘menulis’ memiliki matriks 3984x1 pada jarak pengujian dengan prototipe yaitu 1 meter dan matriks 3295x1 pada jarak 5 meter, sedangkan untuk kalimat ‘buku matematika di atas meja’ terdiri dari matriks 3755x1 di jarak 1 meter dan matriks 3665x1 untuk pengujian di jarak 5 meter.

Gambar 17 menunjukkan hasil pemetaan pada matlab untuk sinyal refleksi dari gerakan tangan objek yang memperagakan isyarat kata ‘menulis’ dan perubahan sinyal dari wilayah domain waktu ke wilayah domain frekuensi dengan panjang sinyal n melalui fast fourier transform (fft) menggunakan persamaan (1)[11] dan hasilnya seperti pada gambar 18.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n]w^{nk}; k=0,1,2, \dots, N-1 \quad (1)$$

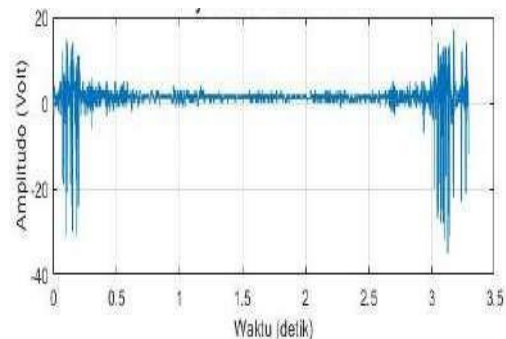


Gbr. 17 Sinyal gerak isyarat ‘menulis’ jarak 1 meter

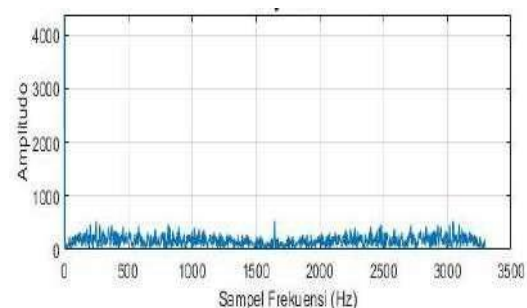


Gbr. 18 FFT gerak isyarat ‘menulis’ jarak 1 meter

Dan sinyal gerak isyarat kata ‘menulis’ pada jarak 5 meter seperti pada Gambar 19 dan sinyal fft yang dihasilkan seperti pada gambar 20.



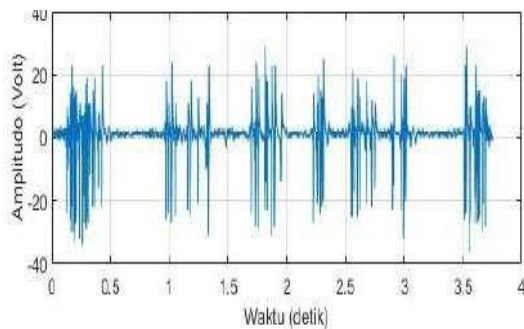
Gbr. 19 Sinyal gerak isyarat ‘menulis’ jarak 5 meter



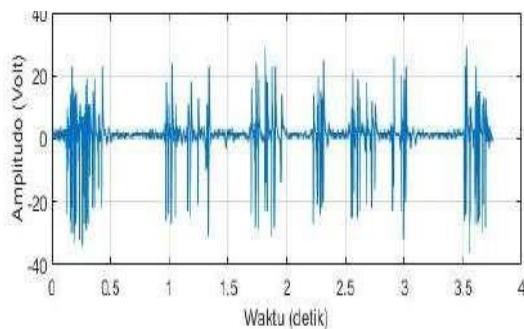
Gbr. 20 FFT gerak isyarat ‘menulis’ jarak 5 meter

Sedangkan pembacaan sinyal untuk kalimat ‘buku matematika di atas meja’ pada jarak 1 meter seperti pada Gambar 21 dan

pergeseran sinyal tersebut ke dalam wilayah domain frekuensi fft melalui Gambar 22.

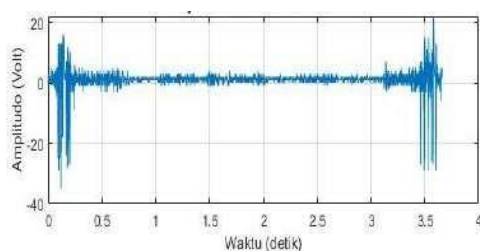


Gbr. 21 Sinyal gerak isyarat ‘buku matematika di atas meja’ jarak 1 meter

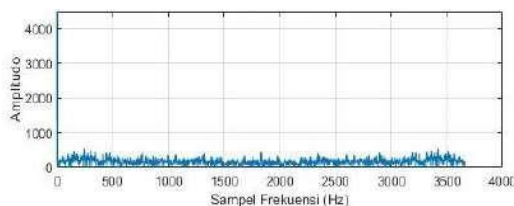


Gbr. 22 FFT gerak isyarat ‘buku matematika di atas meja’ jarak 1 meter

Pembacaan sinyal gerak untuk kalimat ‘buku matematika di atas meja pada jarak 5 meter juga telah dihasilkan dalam domain waktu pada Gambar 23 dan sinyal hasil fft dalam domain frekuensi yang ditunjukkan oleh Gambar 24.



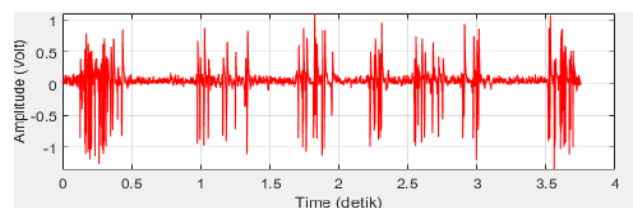
Gbr. 23 Sinyal gerak isyarat ‘buku matematika di atas meja’ jarak 5 meter



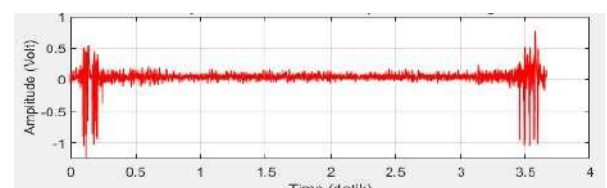
Gbr. 24 FFT gerak isyarat ‘buku matematika di atas meja’

5. Pengolahan Compressive Sampling

Gerakan isyarat yang disampaikan objek dalam bentuk peragaan gerakan jari berdasarkan kata dan kalimat yang telah ditetapkan. Gerakan tersebut diukur oleh osiloskop dan dipetakan dalam grafik MatLab menurut pengukuran matriks sinyal gerak isyarat yang memiliki nilai real secara baris dan kolom matriks. Setelah itu sinyal dikompresi dan direkonstruksi menggunakan compressive sampling untuk pemrosesan sinyal hasil pantulan dari gerakan objek untuk kebutuhan transmisi sinyal yang membawa informasi ke perangkat lainnya. Persamaan (2), (3) dan (4) [5] menunjukkan bahwa suatu sinyal x sebagai vektor $n \times 1$ dan f adalah sinyal jarang dan dapat dilakukan rekonstruksi panjang sinyal f dan sinyal y . Sedangkan hasil compressive sampling untuk pembacaan sinyal gerak kalimat ‘buku matematika di atas meja’ yaitu pada Gambar 27 untuk jarak pengujian antar purwarupa dan objek di 1 meter dan pada Gambar 28 hasil compressive sampling pada jarak 5 meter.



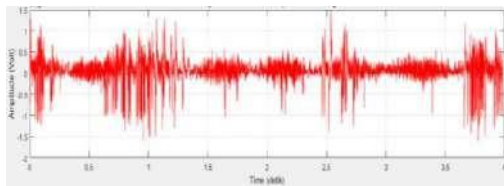
Gbr. 27 Hasil olah compressive sampling sinyal kata ‘buku matematika di atas meja’ jarak 1 meter



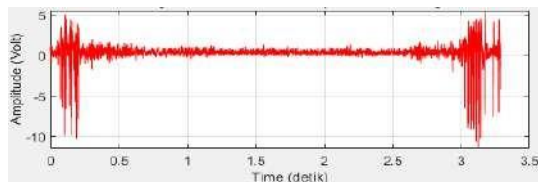
Gbr. 28 Hasil olah compressive sampling sinyal kata ‘buku matematika di atas meja’ jarak 5 meter.

Hasil compressive sampling pada beberapa kata atau kalimat yang diujikan misalnya kata ‘menulis’ terhadap jarak 1 meter yaitu seperti pada Gambar 25 dan terhadap jarak 5 meter seperti pada Gambar 26. Sinyal yang dihasilkan dari metode compressive sampling menunjukkan perubahan level amplitudo sinyal. Hal ini disebabkan adanya kompresi sinyal menggunakan matriks pengukuran pada compressive sampling. Sinyal hasil kompresi dapat direkonstruksi

kembali seperti sinyal asli pantulan dari gerakan jari isyarat objek. Pengukuran kinerja dari proses optimalisasi sinyal melalui compressive sampling berdasarkan rasio sinyal terhadap noise atau SNR dan rasio peak sinyal terhadap noise atau PSNR dan persentase kesalahan melalui pengukuran mean square error atau MSE untuk semua kata atau kalimat yang diuji dalam pengujian compressive sampling yaitu pada tabel 2 pada jarak jangkauan antar posisi purwarupa dan objek di 1 meter, 2 meter, 3 meter, 4 meter dan 5 meter



Gbr. 25 Hasil olah compressive sampling sinyal kata 'menulis' jarak 1 meter



Gbr. 26 Hasil olah compressive sampling sinyal kata 'menulis' jarak 5 meter

Tabel 2. Hasil Ukur Kinerja Compressive Sampling

No	Kata dan Kalimat	Jarak (m)	PSNR (dB)	SNR (dB)	MSE (%)	Amplitudo (V)
1.	menulis	1	48.8710	4.0237	15.2691	79
		2	40.3187	3.8762	13.0248	70
		3	33.2840	2.9052	10.8214	65
		4	24.6325	1.8363	9.3825	61
		5	21.9486	1.0036	8.8763	54
2.	makan	1	38.0942	5.2947	12.0329	89
		2	34.5948	4.8634	10.3583	68
		3	28.9832	3.9042	7.0238	60
		4	25.0392	3.0038	9.0547	57
		5	23.0328	1.9424	9.9482	63
3.	kami membaca buku	1	35.6741	5.4635	9.9436	71
		2	33.8321	6.4721	9.6732	65
		3	28.5632	4.6535	8.5321	61
		4	20.64312	3.5632	9.7361	55
		5	17.6531	2.5731	10.8732	54
4.	mereka pergi ke sekolah	1	33.54672	3.7624	5.7632	75
		2	26.76382	3.713	5.7615	61
		3	22.8743	2.9248	6.8732	59
		4	17.7832	0.6823	6.03821	58
		5	19.623	1.572	5.5365	62
5.	buku matematika di atas meja	1	34.45534	5.2434	4.3245	75
		2	31.4365	3.1326	3.6532	69
		3	25.7532	0.7632	8.6763	65
		4	19.6523	0.10367	7.3448	59
		5	20.6536	-3.736	9.52376	64

Tabel 2 menunjukkan hasil pengolahan sinyal berdasarkan compressive sampling diperoleh mean square error paling rendah di 3,6532 % dengan rasio sinyal terhadap noise atau SNR yaitu 3.1326 dB dan rasio peak sinyal terhadap noise atau PSNR ialah 31.4365 dB dengan amplitudo 69 V untuk gerak isyarat sejumlah susunan kata 'buku matematika di atas meja' di jarak dua meter. Compressive sampling dapat mengolah sinyal pantulan objek menjadi sinyal jarang dalam tahap kompresi sinyal dan juga rekonstruksi sinyal dalam satu kali pengolahan sinyal sehingga komputasi lebih efisien.

IV. PENUTUP

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa compressive sampling dapat mengolah sinyal pantulan dari objek dan bekerja sesuai fungsinya untuk kompresi dan rekonstruksi sinyal sehingga estimasi sinyal untuk gerak isyarat dapat dilakukan dalam rangka optimalisasi kerja sistem radar. Purwarupa radar doppler dengan penggunaan teknologi long range telah membantu dalam mendeteksi objek pada jarak 5 meter. Pengamatan kinerja compressive sampling pada pengujian sinyal hasil pantulan objek di pengembangan purwarupa menunjukkan hasil pengolahan sinyal tersebut diperoleh mean square error paling rendah di 3,6532 % dengan rasio sinyal terhadap noise atau SNR yaitu 3.1326 dB dan rasio peak sinyal terhadap noise atau PSNR ialah 31.4365 dB dengan amplitudo 69 V untuk gerak isyarat sejumlah susunan kata 'buku matematika di atas meja' di jarak dua meter.

Hasil pengujian dan pengukuran dalam penelitian ini menunjukkan bahwa compressive sampling telah dapat bekerja dalam menerapkan fungsinya sebagai cara pengolahan sinyal untuk kompresi dan rekonstruksi sinyal gerak isyarat dari hasil pembacaan objek menggunakan purwarupa hasil pengembangan radar doppler dengan teknologi long range. Pembangunan purwarupa radar yang dikembangkan dengan penggunaan jumlah array transceiver radar dalam satu perangkat untuk pengamatan keterkaitan korelasi sinyal terima dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

Selain itu sistem purwarupa dapat dikembangkan lagi menggunakan pengolahan sinyal yang lebih efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang ditujukan kepada Universitas Sriwijaya atas bantuan pendanaan penelitian/publikasi artikel ini melalui pembiayaan oleh Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2022, SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2021, Sesuai dengan SK Rektor 0110/UN9.3.1/SK/2022 tanggal 28 April 2022.

REFERENSI

- [1] Y. Hafizhana, I. Safitri, L. Novamizanti, dan N. Ibrahim, "Image Watermarking pada Citra Medis menggunakan Compressive Sensing berbasis Stationary Wavelet Transform," *ELKOMNIKA : Jurnal Teknik Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 8, No. 1, pp. 43-57, Januari, 2020.
- [2] K. Arthamanolap, S. Gabbualoy, and P. Phassukit, "Doppler Radar for Dynamic Hand Gesture Recognition based on Signal Image Processing", in *The 16th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2019)*, 2019, IEEE, 10.1109/ECTI-CON47248.2019.8955217 pp 931-934.
- [3] A. Rahagiyanto, "Identifikasi Ekstraksi Fitur Untuk Gerakan Tangan Dalam Bahasa Isyarat (SIBI) Menggunakan Sensor MYO Armband." *Jurnal Matrik*, vol. 19, No. 1(Nov) 2019, pp. 127-137, November, 2019.
- [4] S. M. Lawalata, E. Ali, Edwar, "Analisis Penggunaan Radar FMCW Dalam Mendeteksi Gesture Tangan Menggunakan SDR.", *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, No. 2, pp. 3323-3330, Agustus, 2020.
- [5] F. Ramadhan. (2021) "Perancangan Sistem Pemrosesan Sinyal Isyarat Bahasa Indonesia Menggunakan Compressive Sampling Pada Radar Doppler X-Band," [Online]. Available: repository.unsri.ac.id, Universitas Sriwijaya, (diakses tanggal 11 Januari 2022)
- [6] H. Bestari. (2018) "Mengenal Bahasa Isyarat," *Peduli Kasih ABK*, [Online]. Available: <https://www.ypedulikasihabk.org/2018/11/09/mengenal-bahasa-isyarat>.
- [7] W. Stallings, "Komunikasi & Jaringan Nirkabel", Jilid 1 Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga, 2007.
- [8] M. Milinkovic and D. Petric, "Comparison between CS and JPEG in terms of image compression," in *7th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO*, 2018.
- [9] Acharya, "Image Processing: Principles and Applications", Wiley-Interscience. ISBN 0-471-71998-6, 2005.
- [10] (2022) Website Pendidikan Masyarakat dan Pendidikan Khusus Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. [Online]. Available: <https://pmpk.kemdikbud.go.id/sibi/> (diakses 01 Juni 2022).
- [11] A. Fatah, U. Ungkawa, dan M. M. Barmawi, "Implementasi Algoritma Fast Fourier Transform Pada Monitor Getaran Untuk Analisis Kesehatan Jembatan", *Jurnal Infotronik*, volume 5, No. 2, pp. 48-57., Desember, 2020.