

L₁-Minimization Sinyal Pergerakan Doppler Objek Untuk Pemulihan Sinyal Pada Radio Detection and Ranging Array

Puspa Kurniasari¹, Iwan Pahendra Anto Saputra², Melia Sari³

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik 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

Intisari — Sinyal yang ditransmisikan dari suatu pemancar *radio detection and ranging* adalah berupa gelombang elektromagnetik yang diarahkan ke arah objek dan memiliki cakupan wilayah sebaran gelombang untuk mendeteksi objek melalui sinyal pantulan dari objek ke bagian penerima *radio detection and ranging*. Media *wireless* yang digunakan untuk transmisi sinyal ke objek dipengaruhi gangguan dari derau sehingga sinyal terima pantulan objek tidak maksimal dalam penerimaan di *radio detection and ranging receiver*. Pergerakan objek dan perpindahan posisi objek menghasilkan respon atau tanggapan dari *radio detection and ranging*. Pada penelitian ini, sinyal pergerakan *doppler* objek dioptimasi melalui pemulihan *L₁-minimization* dan pemulihan sinyal terima dari perangkat *radio detection and ranging array* berhasil dilakukan. Pengujian perangkat *array* juga berhasil dilakukan terhadap objek di jarak satu meter, dua meter dan tiga meter dengan masing-masing pergerakan objek ke arah kanan dan ke kiri dari posisi awal objek terhadap perangkat *array* sejauh 50 cm dan 100 cm. *Array* pada perangkat *transceiver radio detection and ranging* diletakkan sejajar menghadap objek. Hasil pengukuran kinerja pemulihan sinyal menggunakan *L₁-minimization* dan estimasi sinyal menghasilkan amplitudo tegangan sinyal hasil paling baik yaitu 359725.8655 V pada jarak 50 cm pergerakan objek ke arah kanan perangkat *array* sedangkan *mean square error* yang dihasilkan 1.653 % pada rasio *signal to noise* 226773.8723 dB serta 290737.6723 dB sebagai hasil dari rasio *peak signal to noise*.

Kata kunci — Deteksi, *L₁-minimization*, radio, ranging, wireless.

Abstract — The signal transmitted from a radio detection and ranging transmitter is in the form of electromagnetic waves which are directed towards the object and have a wave distribution area to detect objects through reflected signals from the object to the radio detection and ranging receiver. The wireless media used to transmit signals to objects is affected by interference from noise so that the signal received by object reflections is not optimal in reception at the radio detection and ranging receiver. The movement of the object and the shift in the position of the object produce a response from radio detection and ranging. In this research, the object's doppler movement signal was optimized through *L₁-minimization* recovery and the recovery of the received signal from the radio detection and ranging array device was successfully carried out. Testing of the array device was also successfully carried out on objects at a distance of one meter, two meters and three meters with each object moving to the right and to the left from the initial position of the object to the array device as far as 50 cm and 100 cm. The array on the radio detection and ranging transceiver device is placed parallel to the object. The results of measuring signal recovery performance using *L₁-minimization* and signal estimation produced the best signal voltage amplitude, namely 359725.8655 V at a distance of 50 cm of object movement towards the right of the array device while the resulting mean square error was 1.653% at a signal to noise ratio of 226773.8723 dB and 290737.6723 dB as a result of the peak signal to noise ratio.

Keywords— Detection, *L₁-minimization*, radio, ranging, wireless.

I. PENDAHULUAN

Teknologi merupakan sarana bagi kelangsungan siklus kehidupan manusia untuk melakukan aktivitas. Ketersediaan sumber daya alam dan proses pengembangannya menjadi faktor penting dalam mendukung perkembangan teknologi. Salah satu teknologi untuk kebutuhan hidup masyarakat yaitu teknologi informasi dan komunikasi. Teknologi ini melibatkan serangkaian perangkat teknis berbasis elektronik yang digunakan untuk menyampaikan informasi yang sebelumnya telah melalui pemrosesan informasi secara analog atau digital. Informasi yang dikirimkan melalui perangkat tersebut ditumpangkan pada sinyal elektrik melalui saluran kabel atau nirkabel. Saluran nirkabel atau *wireless* mengalami perkembangan yang sangat maju khususnya deteksi jangkauan jarak dalam pengiriman informasi ke tujuan atau penerima. Sinyal gelombang elektromagnetik menjadi media representasi pengenalan pergerakan objek yang dideteksi oleh peralatan berbasis kerja *wireless*.

Teknologi *radio detection and ranging* merupakan salah satu teknologi berbasis *wireless* yang berkembang sangat pesat. Pemantauan informasi jarak dan posisi objek dilakukan melalui penerapan *radio detection and ranging*. Dalam propagasi gelombang sinyal *end – to end* dari *transmitter* ke *receiver* *radio detection and ranging* rawan gangguan derau, keberadaan objek lain di lingkungan sekitar, *noise* dari perangkat. Perpindahan posisi objek antar titik lokasi yang dideteksi dapat mempengaruhi juga gelombang sinyal pantulan di sisi penerima. Kinerja *receiver* menjadi tidak maksimal dan menjadi permasalahan jika optimalisasi sinyal hasil pantulan tidak diaplikasikan di *receiver* pada sistem *radio detection and ranging*.

Pemulihan sinyal pantulan terhadap objek sangat dibutuhkan untuk mengolah sinyal agar kualitas sinyal tidak berada di level penurunan kualitas dan pengiriman sinyal dalam suatu kapasitas kanal dapat ditransmisikan sesuai lebar pita kanal. Tujuan penelitian yaitu menerapkan suatu metode pada sistem *radio detection and ranging array* dalam kompresi sinyal melalui pengambilan *sample*, pemulihan sinyal pantul terhadap objek dan

pergerakan objek sehingga dapat diamati efek *doppler* objek. Rekognisi pergerakan objek menjadi perkiraan sinyal terima. Penelitian sebelumnya menunjukkan minimalisasi L_1 -*norm* digunakan untuk simulasi rekonstruksi sinyal digital dengan jumlah terbatas[1] dan penerapan *sampling* dan rekonstruksi sinyal telah dapat digunakan untuk mengubah *citra host* melalui sinyal jarang dalam ranah transformasi[2]. Pada sistem komunikasi berbasis *radio detection and ranging*, optimalisasi kerja menggunakan simulasi L_1 -*norm* untuk *beamforming* adaptif *array* melalui pengamatan sinyal jarang[3]. L_1 -*minimization* dengan pembobotan pada gabungan sinyal dan sejumlah *noise* untuk kualitas dan stabilitas imaging melalui deteksi perantara dinding[4] dan karakteristik metode L_1 mampu meningkatkan kinerja variabel sinyal jarang dengan jumlah terbatas variabel linier untuk *recovery* dan penurunan *error* sinyal keluaran[5]. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk pemulihan sinyal dengan L_1 -*minimization* pada sinyal pergerakan *doppler* objek dari perangkat tersusun *array* dalam jarak jangkauan gelombang elektromagnetik terhadap objek.

II. METODE PENELITIAN

Tahap-tahap metode yang digunakan dalam penelitian dimulai dari studi kajian referensi ilmiah atau pustaka. Pustaka ilmiah yang dijadikan referensi penelitian menggunakan referensi mengenai perkembangan *radio detection and ranging* atau radar, studi pengolahan sinyal pada perangkat elektronik dan penggunaannya pada sistem *wireless* selanjutnya studi ilmiah kaitan korelasi pergerakan *doppler* pada deteksi radar. Setelah kajian studi pustaka ilmiah, bahan dan alat berupa komponen melalui tahap pemilihan spesifikasi perangkat yang sesuai untuk mendukung penelitian pemulihan sinyal pergerakan *doppler* objek pada radar. Pada tahap selanjutnya, purwarupa *radio detection and ranging array* dikembangkan melalui rancang bangun menggunakan komponen yang telah dipilih berdasarkan karakteristik dan spesifikasi kinerja untuk pengamatan sinyal gerak *doppler*. Pengujian hasil rancangan purwarupa yang

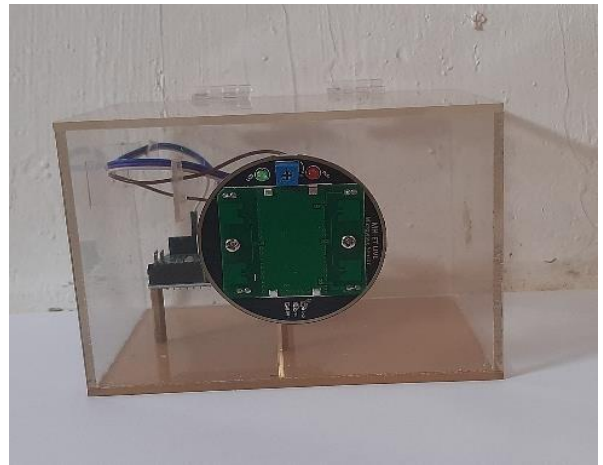
dikembangkan berikutnya dilaksanakan untuk menguji kinerja purwarupa terhadap keberadaan objekdeteksi. Kestabilan kondisi awal kinerja purwarupa dilakukan melalui tahap inialisasi hasil rancangan purwarupa dan diamati hasil inialisasinya sebagai referensi sinyal maksimum sebelum ada pergerakan dan perpindahan posisi objek terhadap radar. Sinyal pantul pergerakan *doppler* kemudian diterima *receiver radar array* dan metode pemulihan L_1 -minimization diimplentasikan pada sinyal pergerakan objek dengan penggunaan *sampling* terbatas dan rekonstruksi sinyal serta dilanjutkan tahap estimasi hasil sinyal dari pemulihan L_1 -minimization melalui pengukuran tingkat perubahan amplitudo, tingkat perbandingan *noise* yang mendominasi sinyal dan persentase *error* pada sinyal pemulihan L_1 .

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilaksanakan menghasilkan sinyal terima pantulan pergerakan *doppler* objek hasil estimasi menggunakan pendekatan pemulihan sinyal L_1 -minimization sedangkan perangkat hasil rancangan yang telah dihasilkan yaitu purwarupa *radio detection and ranging* yang dikembangkan secara *array* dan tersusun linier. Purwarupa hasil rancangan memiliki *transmitter* gelombang elektromagnetik yang dipancarkan ke arah untuk mendeteksi objek dan pergerakan objek kemudian sinyal berupa gelombang elektromagnetik dari pantulan objek tersebut diterima oleh *receiver* purwarupa. *Transmitter* dan *receiver* berada pada purwarupa perangkat yang sama dan telah dapat bekerja untuk peka terhadap pergerakan objek. Purwarupa perangkat *radio detection and ranging array* hasil rancangan seperti pada Gambar 1.

Adapun purwarupa perangkat *radio detection and ranging array* yang telah dikembangkan rancangan susunannya secara linier *array* seperti pada Gambar 2. *Transmitter* purwarupa memancarkan gelombang elektromagnetik dan indikator lampu bekerja ketika objek berada dalam jangkauan atau cakupan berkas gelombang elektromagnetik.

Pada penelitian ini, purwarupa *radio detection and ranging array* linier mengarah ke objek pada kondisi awal posisi objek diam.



Gbr. 1 Purwarupa *radio detection and ranging* gerak *doppler*

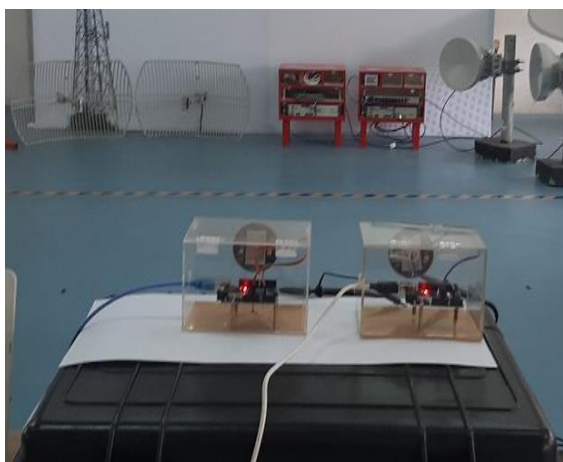


Gbr. 2 Purwarupa *radio detection and ranging array* gerak *doppler*

Perangkat *radio detection and ranging array* dengan frekuensi kerja 10,525 GHz menggunakan tegangan V_{cc} sebesar 5 V dengan *ground* antara modul *microwave* dan *Arduino board* sehingga purwarupa dapat digunakan untuk mendeteksi terhadap keberadaan objek dan pergerakan *doppler* objek yang menghasilkan sinyal keluaran sistem purwarupa. Spesifikasi tegangan V_{cc} 5 V tersebut dan keluaran sistem menghasilkan sinyal keluaran dari *transmitter* dan *receiver* radar *doppler*. Pengujian pada purwarupa ini juga telah berhasil dilakukan untuk diujikan kinerjanya dalam mengirimkan sinyal ke arah objek dan menerima sinyal pantulan dari objek. Keluaran sinyal berupa gelombang sinyal analog yang dapat diukur menggunakan perangkat ukur osiloskop digital. Inialisasi kinerja purwarupa dimulai dari pengamatan kestabilan purwarupa perangkat yang diletakkan secara *array*.

Pada Gambar 3, purwarupa diarahkan pada lokasi posisi objek tetapi belum ada objek

yang berada dalam cakupan gelombang elektromagnetik tersebar pada satu garis lurus. *Radio detection and ranging* atau radar diletakkan secara *array* dengan masing-masing *transmitter* menghadap ke arah lokasi objek. Osiloskop digital digunakan untuk mengukur puncak tegangan dan perubahan amplitudo sinyal pantulan dari objek seperti pada Gambar 4.



Gbr. 3 Inisialisasi purwarupa *radio detection and ranging array*



Gbr 4. Inisialisasi *radio detection and ranging array* pada osiloskop digital

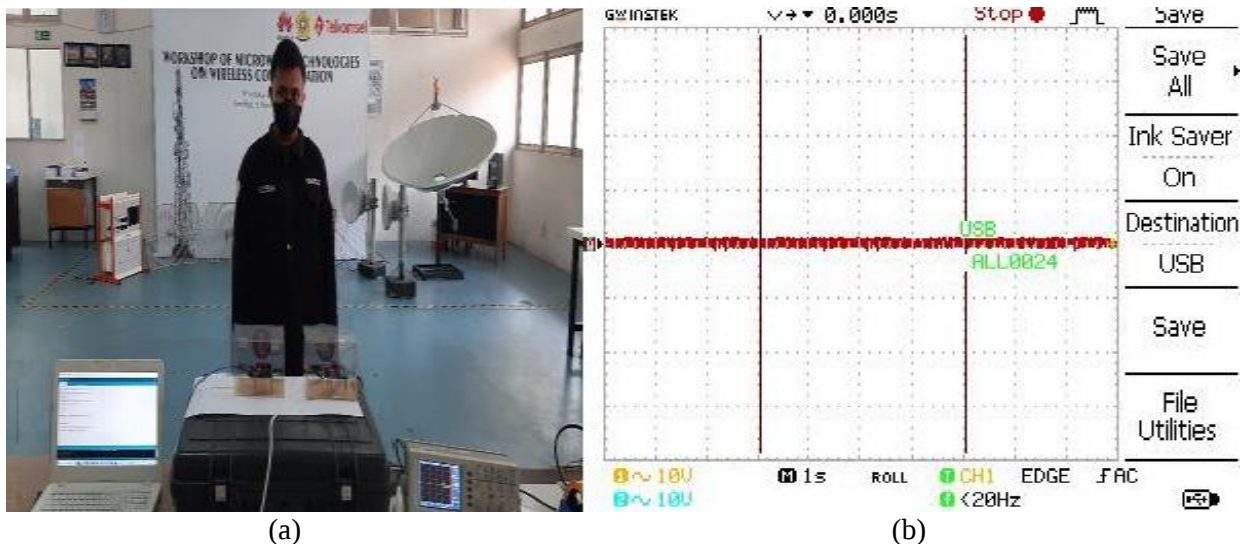
Pada tahap inisialisasi, kondisi awal dibutuhkan untuk kalibrasi purwarupa dan osiloskop digital terhadap objek dengan jarak antar objek dan purwarupa yaitu pada jarak 1 meter, 2 meter dan 3 meter. Pada Gambar 5(a). diperlihatkan posisi objek diam saling berhadapan dengan *radio detection and ranging array* pada jarak 1 meter dan gelombang hasil pengukuran osiloskop digital pada jarak 1 meter seperti pada Gambar 5(b). Berikutnya pada jarak 2 meter antara objek dan

purwarupa *radio detection and ranging array* yaitu dimana posisi objek diam seperti pada Gambar 6(a) dan hasil pengukuran osiloskop digital pada pembacaan objek seperti pada Gambar 6(b). Sedangkan pada jarak antara objek dan purwarupa *radio detection and ranging array* sejauh 3 meter dengan posisi objek diam seperti pada Gambar 7(a). Hasil pengukuran osiloskop digital untuk pengujian jarak 3 meter ditunjukkan pada Gambar 7(b).

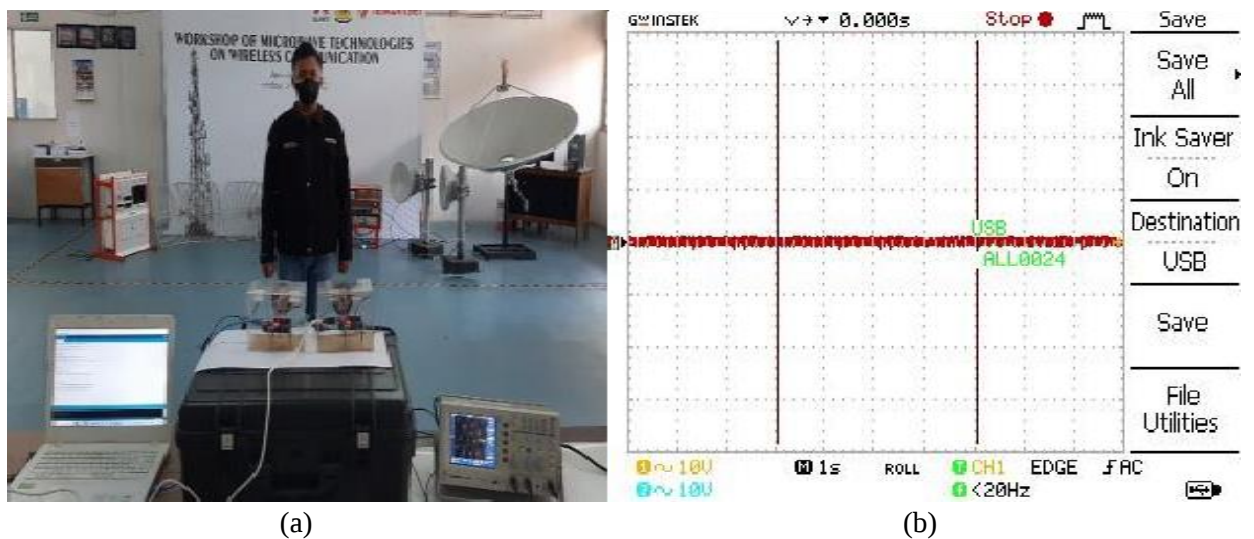
Perubahan amplitudo yang direpresentasikan melalui visual pengukuran osiloskop digital pada setiap jarak 1 meter, 2 meter dan 3 meter menunjukkan nilai mendekati atau sama dengan nol pada tampilan osiloskop disebabkan purwarupa hanya mendeteksi keberadaan objek dengan posisi diam dan belum berpindah lokasi sehingga perubahan amplitudo tidak meningkat secara signifikan.

Pengujian dan pengukuran selanjutnya menggunakan perpindahan lokasi objek ke arah kanan dan ke arah kiri dengan jarak 50 cm pada jarak tetap antara objek dan purwarupa *radio detection and ranging array* yaitu masing-masing 1 meter, 2 meter dan 3 meter. Ada tiga titik perpindahan posisi objek dengan referensi atau acuan objek dan purwarupa *array* berada pada satu garis lurus kemudian jarak perpindahan diukur sejauh 50 cm dari titik acuan dan objek berada di titik perpindahan 50 cm tersebut. Titik ini adalah posisi pertama objek bergerak ke arah kanan purwarupa *array*. Posisi pertama adalah perpindahan objek dari titik lokasi awal lalu bergeser 50 cm ke arah kanan atau kiri purwarupa *array* sedangkan posisi kedua adalah perpindahan objek dari lokasi setelah 50 cm sebelumnya ke 50 cm ke titik lokasi berikutnya. Pada posisi kedua, pergerakan objek menjadi berpindah sejauh 100 cm ke arah kanan atau arah kiri purwarupa *array*.

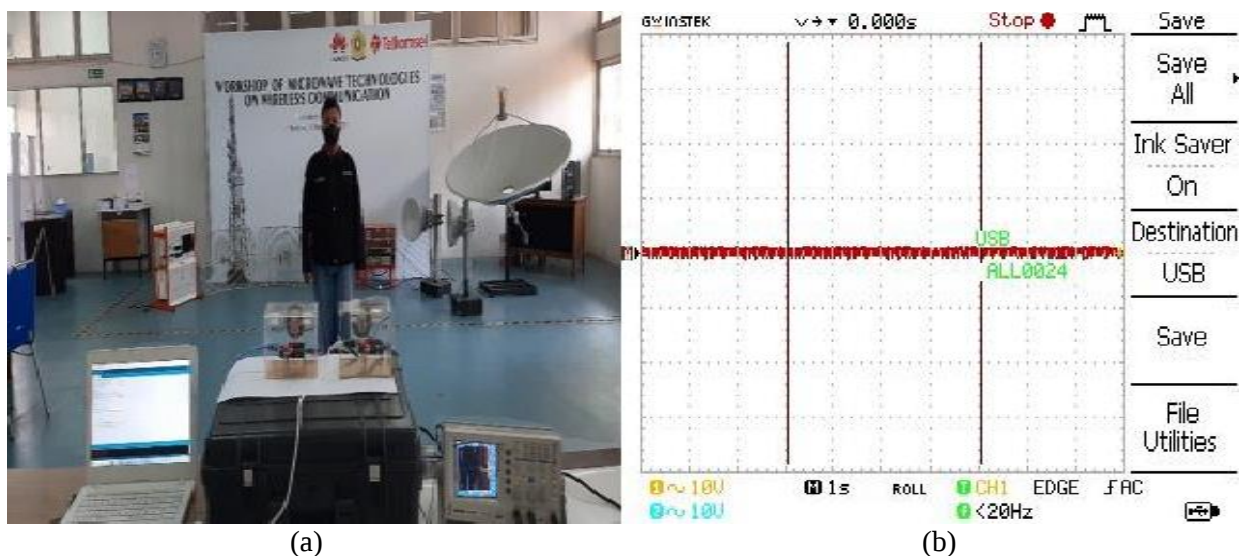
Arah pergerakan objek ke kanan digunakan untuk pembacaan deteksi dimana posisi *radiodetection and ranging array* tidak bergerak seperti pada Gambar 8(a), Gambar 8(b) dan Gambar 8(c) untuk jarak antara objek dan purwarupa *array* adalah 1 meter, 2 meter dan 3 meter dan hasil pengamatan tegangan amplitudo oleh osiloskop diperlihatkan Gambar 9(a), Gambar 9(b) dan Gambar 9(c).



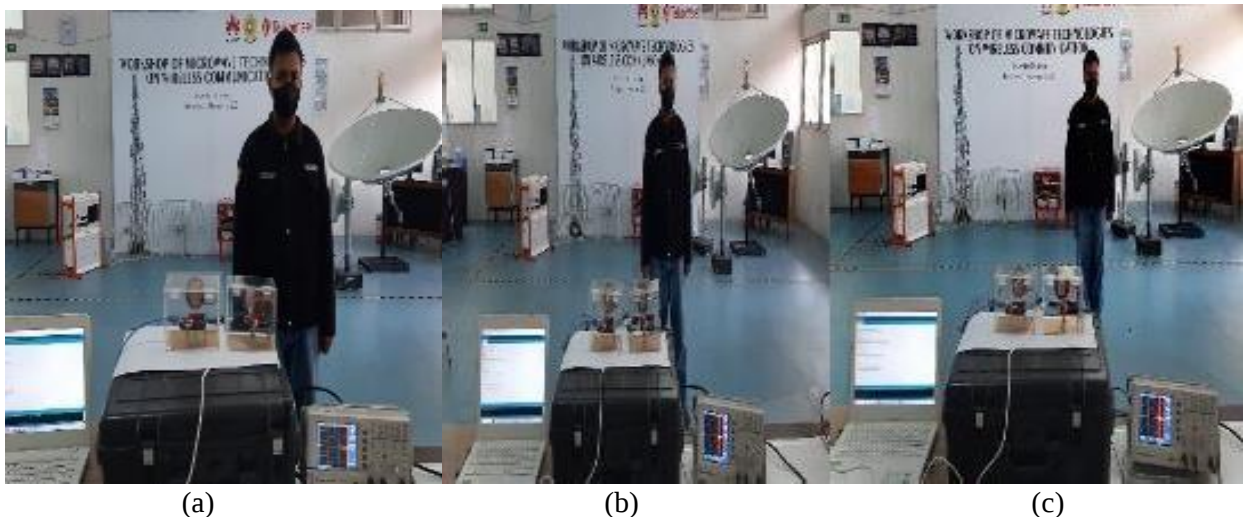
Gbr. 5 Jarak 1 meter (a) objek terhadap *radiodetection and ranging array* (b) pengukuran osiloskop digital terhadap posisi objek



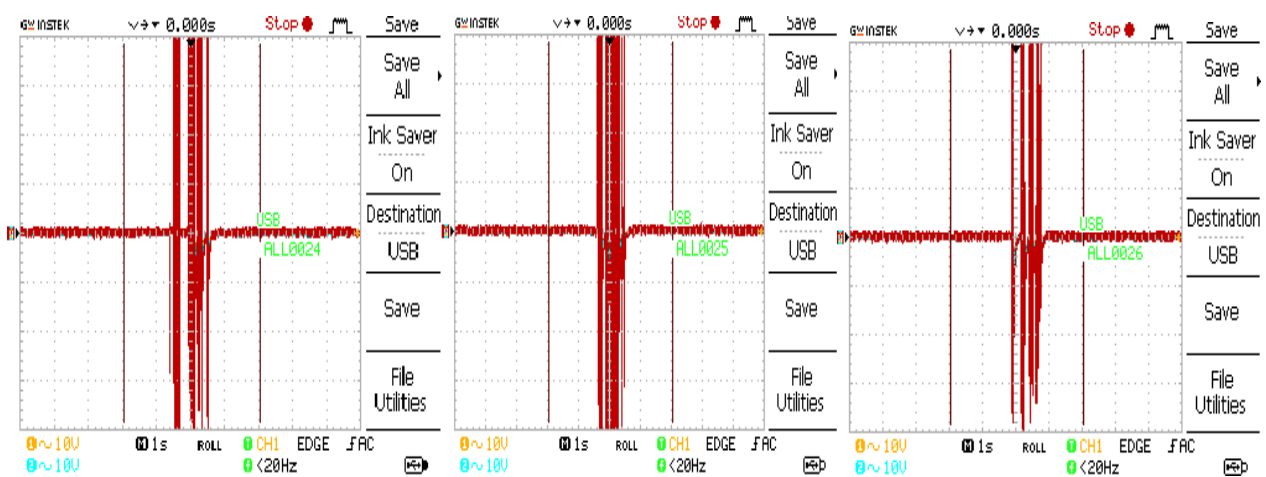
Gbr. 6 Jarak 2 meter (a) objek terhadap *radiodetection and ranging array* (b) pengukuran osiloskop digital terhadap posisi objek



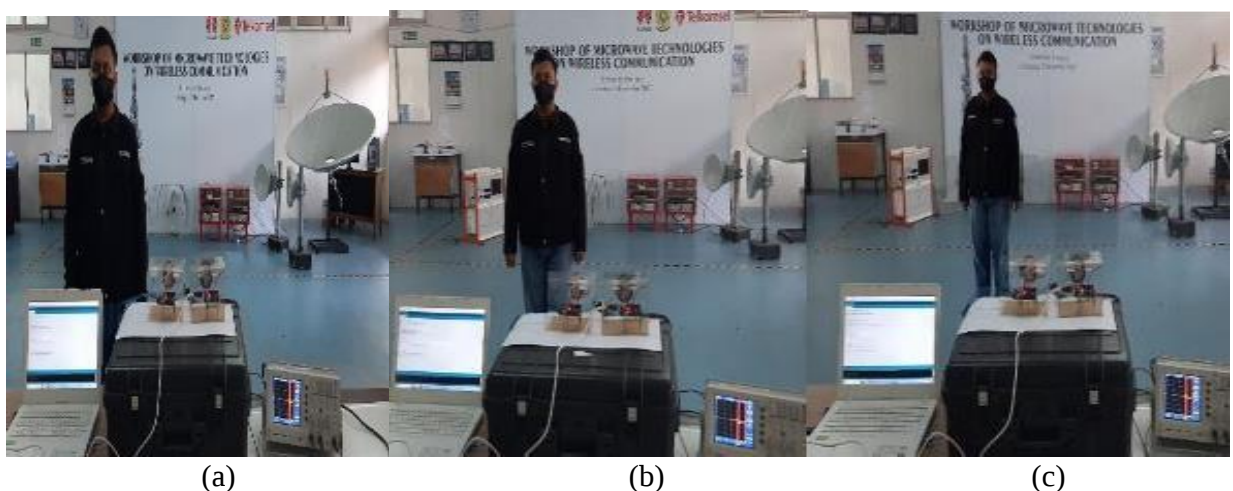
Gbr. 7 Jarak 3 meter (a) objek terhadap *radiodetection and ranging array* (b) pengukuran osiloskop digital terhadap posisi objek



Gbr.8 Perpindahan posisi objek sejauh 50 cm posisi pertama ke arah kanan purwarupa array (a) jarak 1 meter (b) jarak 2 meter (c) jarak 3 meter



Gbr. 9 Amplitudo perpindahan posisi objek sejauh 50 cm posisi pertama ke arah kanan purwarupa array (a) jarak 1 meter (b) jarak 2 meter (c) jarak 3 meter

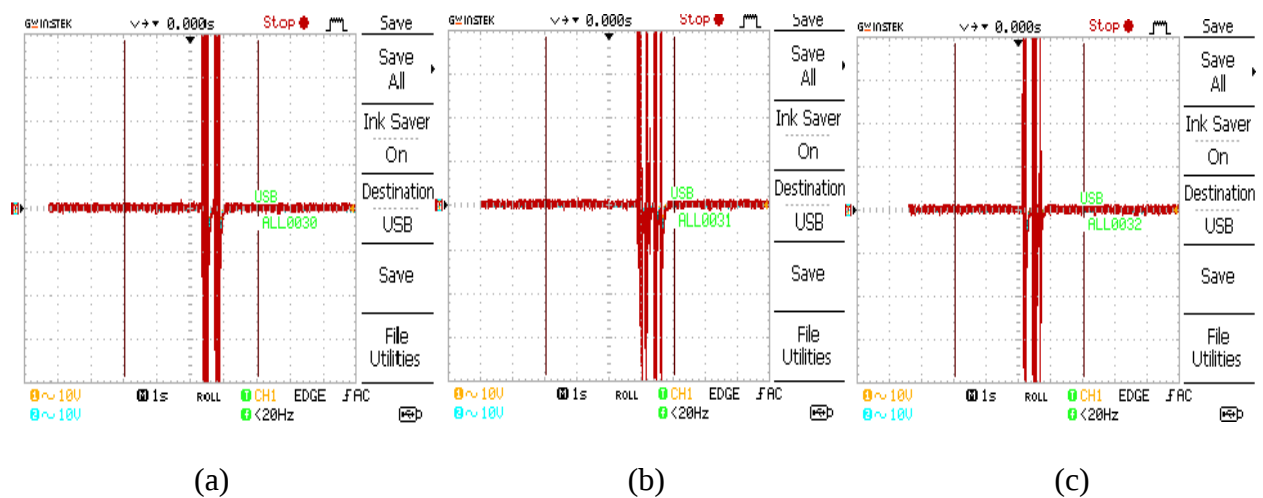


Gbr. 10 Perpindahan posisi objek sejauh 50 cm posisi pertama ke arah kiri purwarupa array (a) jarak 1 meter (b) jarak 2 meter (c) jarak 3 meter .

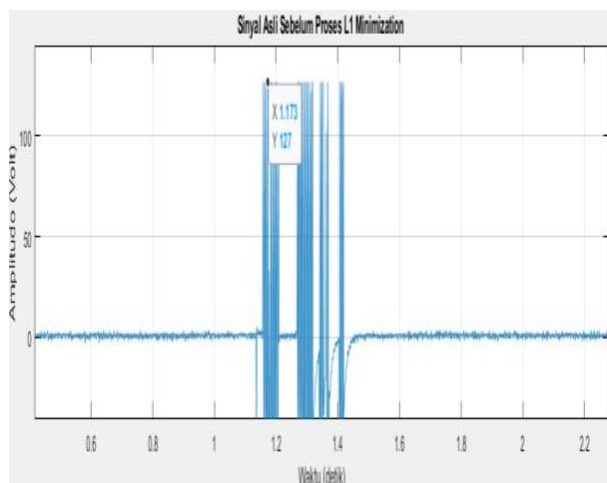
Perpindahan objek pada titik lokasi selanjutnya yaitu 50 cm ke arah kiri dari titik acuan satu garis lurus dengan purwarupa *array* dimana jarak antara objek dan purwarupa *radio detection and ranging array* sejauh 1 meter, 2 meter dan 3 meter seperti pada Gambar 10(a), Gambar 10(b) dan Gambar 10(c).

Sinyal hasil pantulan objek dengan perpindahan posisi tersebut diolah melalui implementasi metode pemulihan sinyal *L1-Minimization* melalui program *Matrix Laboratory* sehingga pencuplikan sinyal dan kompresi sinyal dilakukan untuk memperoleh estimasi sinyal yang sama dengan sinyal asli

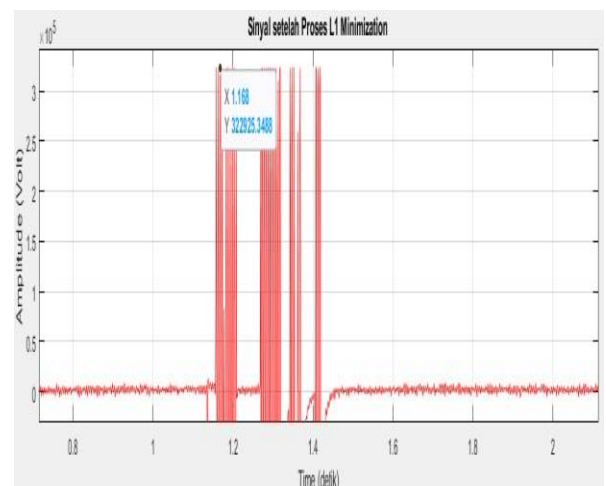
tetapi terjadi pergeseran gelombang sinyal karena perpindahan posisi objek. Pembacaan purwarupa *array* terhadap objek pada posisi pertama yaitu pergerakan objek ke 50 cm arah kanan purwarupa seperti pada Gambar 12 dengan jarak objek dan purwarupa *array* pada jarak 1 meter menghasilkan amplitudo sebesar 322925.3488 dB dengan *mean square error* paling rendah di 1.0193 %. Sedangkan hasil pemulihan sinyal dengan *L1-Minimization* pada Gambar 13 dan transformasi sinyalnya dari domain waktu ke domain frekuensi melalui *Fast Fourier Transformation* (FFT) seperti pada Gambar 14.



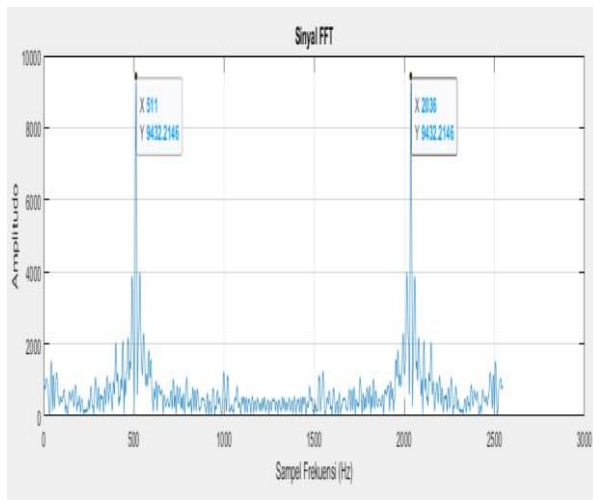
Gbr. 11 Amplitudo perpindahan posisi objek sejauh 50 cm posisi pertama ke arah kiri purwarupa *array* (a) jarak 1 meter (b) jarak 2 meter (c) jarak 3 meter



Gbr. 12 Pembacaan pergerakan objek pada perpindahan posisi 1 ke posisi 2 arah kanan purwarupa *array* untuk jarak 1 meter purwarupa terhadap objek



Gbr. 13 Pemulihan sinyal *L1-minimization* untuk pergerakan objek pada posisi 1 ke posisi 2 arah kanan purwarupa *array* untuk jarak 1 meter purwarupa terhadap objek



Gbr. 14 Hasil FFT sinyal untuk untuk pergerakan objek pada posisi 1 ke posisi 2 arah kanan purwarupa array untuk jarak 1 meter purwarupa terhadap objek

Optimasi sinyal asli pembacaan purwarupa array menggunakan persamaan (1)[1] dan memenuhi kondisi persamaan (2)[1], maka diperoleh hasil pemulihan sinyal menggunakan L_1 -minimization. Matriks pemulihan dengan L_1 yaitu 1684×1 . Hasil optimasi sinyal menggunakan L_1 -minimization untuk setiap perpindahan posisi objek ditunjukkan dengan adanya perubahan amplitudo seperti pada Tabel 1.

Pergerakan dan perpindahan objek menunjukkan hasil penurunan amplitudo ketika objek bergerak pada posisi 2 ke posisi 3 arah ke kanan purwarupa array dan ke arahkiri purwarupa array dengan pergerakan objek masing-masing sejauh 100 cm. Perubahan amplitudo saat objek bergerak menjauhi purwarupa *transceiver array* disebabkan berkurangnya kerapatan gelombang sinyal pantulan objek. Metode *array transmitter*[6] yang digunakan adalah linier seragam sejajar karakteristik jarak antarpurwarupa dan sesuai dengan jangkauan *radio detection and ranging array* minimal jarak 1 meter[7]. Variasi derau atau *noise* yang mengganggu perambatan sinyal dari *transmitter* ke objek dan dipantulkan ke *receiver* menunjukkan juga variasi amplitudoacak[8] sehingga dari hasil penelitian ini amplitudo hasil metode L_1 minimization menunjukkan akurasi amplitudo tinggi dari kondisi sinyal asli. Selain itu, perubahan amplitudo hasil yang diperoleh memenuhi efek fenomena *Doppler* karena terjadi pergerakan objek [9].

$$s.t. \min \|s\|_0 \quad y = A.s \quad (1)$$

$$s.t. \min \|s\|_1 \quad y = A.s \quad (2)$$

Tabel 1. Hasil Optimasi melalui Pemulihan L_1 Setiap Perpindahan Posisi Objek

No.	Posisi Pergerakan Objek terhadap Radio Detection And Ranging Array	Jarak (meter)	Amplitudo Sinyal Asli (volt)	Amplitudo Sinyal Hasil L_1 -Minimization (volt)
1.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kanan	1	127	322925.3488
2.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kanan	2	125	359725.8655
3.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kanan	3	96	315586.6261
4.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kanan	1	92	290173.6784
5.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kanan	2	83	273258.9735
6.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kanan	3	64.34	172963.6328
7.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kiri	1	134	291994.9335
8.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kiri	2	125	282071.1854
9.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kiri	3	108	264873.2573
10.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kiri	1	124	283650.9212
11.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kiri	2	107	267002.7038
12.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kiri	3	68	164732.7423

Pemulihan sinyal menggunakan L_1 -minimization menghasilkan peningkatan amplitudo gelombang sinyal dari level amplitudo sebelum dilakukan pemulihan sinyal hasil pantulan objek pada *radio detection and ranging receiver array*. Berdasarkan Tabel 2, *signal to noise ratio* tertinggi yaitu 226773.8723 dB dengan pergerakan objek yang berpindah posisi sejauh 50 cm ke arah kanan purwarupa array sedangkan jarak antar purwarupa array dan posisi objek berdiri di 2 meter. Pengamatan nilai *peak signal to noise ratio* rendah saat perpindahan posisi objek sejauh 100 cm menjauhi *transceiver array* ke arah kanan

yaitu 125268.7632 dB dan ke arah kiri yaitu 128823.7632 dB terhadap posisi purwarupa array. Keadaan gelombang sinyal pantulan dari objek memiliki kerapatan gelombang yang renggang saat menjauhi purwarupa array.

Tabel 2. Optimasi Sinyal terhadap Noise melalui Pemulihan L_1 Setiap Perpindahan Posisi Objek.

No	Perpindahan Posisi Pergerakan Objek terhadap Radio Detection and Ranging Array setiap 50 cm	Jarak (meter)	Signal to Noise Ratio (dB)	Peak Signal to Noise (dB)	Mean Square Error (%)
1.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kanan	1	193981.732	262887.9841	1.0193
2.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kanan	2	226773.8723	290737.6723	1.653
3.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kanan	3	177632.7631	258282.2369	1.563
4.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kanan	1	196293.8424	246923.8738	2.643
5.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kanan	2	177632.3525	226235.4539	3.8642
6.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kanan	3	76742.7389	125268.7632	5.632
7.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kiri	1	188743.0732	247899.2349	2.872
8.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kiri	2	175632.7354	226827.8725	1.053
9.	Posisi 1 ke Posisi 2 Arah Kiri	3	168727.0623	207623.5639	2.731
10.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kiri	1	198747.6732	247267.6239	4.684
11.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kiri	2	178493.0563	237487.8238	2.7842
12.	Posisi 2 ke Posisi 3 Arah Kiri	3	86435.5	128823.7632	2.246

Tingkat kesalahan dalam hal ini pengukuran *mean square error* menghasilkan level *mean square error* paling baik ialah 1.0193 % untuk perpindahan posisi objek pada jarak 50 cm ke arah kanan *radio detection and ranging array* di jangkauan *transmitter* 1 meter terhadap objek bergerak tersebut.

Tingkat rasio *signal to noise*, rasio *peak signal to noise* dan *mean square error* yang digunakan berdasarkan pada syarat standar tingkat rasio *signal to noise* yang lebih besar dari nilai nol maka level sinyal baik sesuai referensi *signal to noise ratio*[10], *peak signal to noise ratio*[11] dan tingkat kesalahan *mean square error* yang semakin mengalami pengurangan nilai maka sistem bekerja baik sesuai referensi *mean square error*[12].

Hasil penelitian yang dicapai menunjukkan *signal to noise ratio* mengalami peningkatan setelah dilakukan pemulihan sinyal dengan *L1-minimization*. Pengujian perangkat purwarupa terhadap pergerakan dan perpindahan posisi objek dilakukan di dalam ruangan dan terdapat banyak ruangan bersekat lainnya serta perangkat elektronis lainnya yang berada pada posisi diam sehingga mempengaruhi lingkungan perambatan gelombang sinyal dari *transmitter* ke objek bergerak dan juga mempengaruhi kepekaan *radio detection and ranging receiver array*.

IV. KESIMPULAN

Pemulihan sinyal menggunakan *L1-minimization* telah berhasil diaplikasikan pada sinyal pantulan pergerakan *doppler* objek yang diterima oleh penerima *radio detection and ranging array*. Optimasi sinyal pergerakan objek berdasarkan perpindahan posisi objek melalui pengujian *radio detection and ranging array* tersebut telah dapat diukur kinerjanya. Pengujian perangkat array terhadap objek di jarak satu meter, dua meter dan tiga meter dengan masing-masing pergerakan objek ke arah kanan dan ke arah kiri dari posisi awal objek terhadap perangkat array sejauh 50 cm dan 100 cm. Nilai amplitudo tegangan sinyal hasil *L1-minimization* yang diperoleh paling baik yaitu 359725.8655 V untuk jarak 50 cm pergerakan objek ke arah kanan perangkat array sedangkan *mean square error* diperoleh 1.653 % pada rasio *signal to noise* 226773.8723 dB dan rasio *peak signal to noise* 290737.6723 dB. Pengembangan purwarupa array selanjutnya dapat ditingkatkan melalui penambahan komponen perangkat keras lainnya misalnya *amplifier*

dan implementasi metode pengolahan sinyal lainnya pada sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Sriwijaya atas bantuannya dalam pendanaan penelitian dan publikasi artikel ilmiah ini melalui pembiayaan oleh Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2023, SP DIPA-023.17.2.677515/2023, tanggal 10 November 2022, Sesuai dengan SK Rektor 0189/UN9.3.1/SK/2023 tanggal 18 April 2023.

REFERENSI

- [1] U. Murdika, L. Hakim, "Pemrosesan Sinyal Waktu Diskrit Menggunakan Compressive Sensing Berdasarkan Algoritma Pemulihan L1," *ELECTRICIAN : Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Volume 13, Nomor 3, Universitas Lampung, pp 94-101, 2019.
- [2] Y. Hafizhana, I. Safitri, L. Novamizanti, dan N. Ibrahim, "Image Watermarking pada Citra Medis menggunakan Compressive Sensing Berbasis Stationary Wavelet Transform," *ELKOMIKA Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika*, Volume 8, Nomor 1, Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, pp 43-57. 2020.
- [3] A. Ahmed, S. Zhang, and Y. D. Zhang, "Optimized Sensor Selection for Joint Radar-communication Systems," *IEEE, ICASSP 2020 - 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, DOI 10.1109/ICASSP40776.2020.9053368, 2020.
- [4] L. Mingsi, Z. Mengmeng, "A wall-passing radar imaging algorithm based on weighted L1 norm," *IEEE, 2021 6th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP)*, DOI 10.1109/ICSP51882.2021.9408799, 2021.
- [5] R. Gui, H. Liang, J. Li and M. Tong, "Sparse Wavelet Transform Based on Weight Vector Iteration with Minimum L1 Norm for Ground Penetrating Radar," *IEEE, 2021 IEEE International Conference on Microwaves, Antennas, Communications and Electronic Systems (COMCAS)*, DOI 10.1109/COMCAS52219.2021.9629040, 2021.
- [6] S. Alam, I. Surjati, L. Sari, dan J. Tanuwijaya, "Antena Mikrostrip Array 8x2 Elemen untuk Aplikasi Radio Gelombang Mikro," *ELKOMIKA Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika*, Volume 9, Nomor 2, Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, pp 293-305, 2021.
- [7] K. Pasepang dan S. Tahcfulloh, "Estimasi Parameter Sistem Radar Multi-Antena dengan Generalized Likelihood Ratio Test," *SITEKIN Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, Volume 19, Nomor 01, Desember 2021, pp 109-115, 2021.
- [8] S. Muis, "Analisis Kinerja Radar Tahap Proses Pemodelan," *TEKNOSAIN*, Yogyakarta, pp 59-61. 2018.
- [9] I. Mulia, Y. Away dan A. Rahman, "Desain Purwarupa Peralatan Pembatas Kecepatan Kendaraan Secara Adaptif Menggunakan Sensor Radar HB100 Berbasis Mikrokontroler ATmega328P," *KITEKTRO Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, Volume 4, Nomor 3, pp 38-43, 2019.
- [10] W. Stallings, "Komunikasi & Jaringan Nirkabel," Jilid 1 Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga, 2007.
- [11] M. Milinkovic and D. Petric, "Comparison between CS and JPEG in terms of image compression," in *7th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO*, 2018.
- [12] Acharya, "Image Processing: Principles and Applications", Wiley-Interscience. ISBN 0-471- 71998-6, 2005.