

MEKANISME PENGUKURAN JARAK DAN KECEPATAN OLEH GELOMBANG RADAR

Moch. Asrofi Hamdani¹, Sudarti²

asrofihamdani2005@gmail.com¹, sudarti.fkip@unej.ac.id²

Universitas Jember

Abstrak

Radar merupakan suatu alat yang dapat mendeteksi benda-benda disekitarnya dengan menggunakan gelombang radio. Penggunaan gelombang radar ini memungkinkan untuk pengukuran jarak dan kecepatan, radar memiliki banyak aplikasi lain seperti meteorologi dan pengawasan udara. Radar banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari, digunakan untuk mengukur kecepatan mobil di jalan raya atau kecepatan bola tenis di lapangan. Cara kerja radar dalam mendeteksi objek dengan memanfaatkan konsep-konsep dalam perambatan gelombang, radar akan memancarkan gelombang dan saat gelombang yang di pancarkan mengenai suatu objek, sebagian gelombang akan kembali, dari pantulan gelombang itu sistem radar akan mengolah informasi yang di dapatkan seperti Jarak, posisi, kecepatan, pergerakan, ukuran, bahkan tidak menutup kemungkinan bisa menentukan jenis material dan kandungan material. Konsep dasar di balik sistem radar ini adalah dua fenomena fisik dasar yang sering kita temui sehari-hari, yaitu pantulan gema/suara dan efek Doppler. Kedua fenomena ini sering kita jumpai dalam audio. Sistem radar memanfaatkan kedua fenomena ini menggunakan gelombang. Penulis menyusun artikel ini dengan menggunakan metode kajian literatur dengan mengumpulkan data dari penelitian sebelumnya mengenai gelombang radar.

Kata Kunci: Radar, jarak dan kecepatan.

Abstract

Radar is a device that can detect surrounding objects using radio waves. The use of radar waves allows for the measurement of distance and speed, radar has many other applications such as meteorology and air surveillance. Radar is widely applied in everyday life, used to measure the speed of a car on the highway or the speed of a tennis ball in the field. The way radar works in detecting objects by utilizing concepts in wave propagation, the radar will emit waves and when the emitted waves hit an object, some of the waves will return, from the reflection of the waves the radar system will process the information obtained such as distance, position, speed, movement, size, it is even possible to determine the type of material and material content. The basic concept behind this radar system is two basic physical phenomena that we often encounter everyday, namely echo/sound reflection and the Doppler effect. These two phenomena are often encountered in audio. Radar systems utilize these two phenomena using waves. The author compiled this article using the literature review method by collecting data from previous research on radar waves.

Keyword: Radar, distance and speed.

PENDAHULUAN

Radar merupakan sebuah instrumen yang dapat mendeteksi objek di sekitarnya dengan menggunakan gelombang radio. Dengan demikian, dalam dunia maritim, objek seperti kapal, pelampung, atau burung dapat dideteksi oleh Radar. Dengan berkembangnya sistem radar (Radio Detection and Ranging), studi mengenai material yang memiliki kemampuan untuk memblokir dan mengurangi radiasi elektromagnetik yang dipantulkan untuk menghindari atau mengacaukan sistem pendeteksian, atau untuk melindungi perangkat sensitif dan makhluk hidup yang terpapar radiasi elektromagnetik, telah menjadi topik yang sangat menarik. Penggunaan radar gelombang mm untuk penginderaan lingkungan fisik merupakan bidang penelitian yang berkembang pesat. Radar ini dapat digunakan untuk menyimpulkan posisi rintangan di sekitarnya dan manusia, dengan presisi tinggi, dengan mentransmisikan sinyal interogasi dan menganalisis modifikasi pada

gelombang pantulan yang diterima. Sistem ini merupakan cara yang efektif untuk memantau lingkungan dalam ruangan, menyimpulkan informasi penting tentang pergerakan orang, tanpa menangkap gambar visual apa pun dari tempat kejadian, yang dapat menimbulkan masalah privasi. Selain itu, berbeda dengan sistem pengawasan kamera, radar tidak sensitif terhadap kondisi cahaya yang buruk, keberadaan asap, dan juga hemat energi dan murah dibandingkan dengan teknologi lain seperti LIDAR. Penggunaan gelombang mikro dengan panjang gelombang pendek memungkinkan pengukuran yang sangat akurat terhadap arah objek yang terdeteksi dan jarak objek tersebut berada. Selain domain maritim, Radar memiliki banyak aplikasi lain seperti meteorologi dan pengawasan udara. Radar juga banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk mengukur kecepatan mobil di jalan raya atau kecepatan bola tenis di lapangan misalnya.

Jembatan merupakan salah satu penerapan dari gelombang radar. Jembatan adalah bagian penting dari infrastruktur transportasi dan memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dan produktivitas jangka panjang, serta berbagai struktur sipil lainnya. Ketika jembatan menua dengan cepat dan mendekati usia desainnya, pemeliharaan dan kerusakan jembatan yang ada telah menjadi masalah besar di banyak negara. Pendanaan tambahan diperlukan untuk pemeliharaan, perbaikan dan renovasi jembatan guna mengatasi peningkatan penuaan jembatan. Menurut platform sistem radar, dua kelas dasar sistem radar interferometri gelombang mikro telah digunakan untuk tujuan berbeda dalam beberapa tahun terakhir: sistem radar aperture sintetis (SAR) berbasis ruang angkasa dan sistem radar aperture nyata (GB-RAR) berbasis darat. Interferometri Spaceborne SAR (InSAR) dapat memberikan pemantauan semi-kontinu pada area yang luas. Interferometer radar berbasis darat dan satelit mengikuti prinsip dasar yang sama. Satu-satunya perbedaan adalah melihat geometri Interferometri GB-RAR merupakan metode pengukuran regangan alternatif yang banyak digunakan untuk menentukan regangan dinamis jembatan. Ia menawarkan pemantauan deformasi non-kontak dengan akurasi sub-milimeter, survei pemasangan yang sederhana dan cepat, serta penilaian kondisi terperinci dari keseluruhan struktur jembatan.

Bumi adalah planet air. Peradaban manusia adalah tentang mencari dan mencari air. Penginderaan jarak jauh terhadap lautan dan perairan tawar di dunia sangat penting untuk mempelajari perubahan iklim dan dampak sosialnya. Penginderaan jauh radar sangat penting karena dapat menembus tutupan awan sehingga dapat melakukan pengamatan pada segala kondisi cuaca. Meskipun pengukuran tinggi permukaan laut yang akurat dengan altimetri radar telah memberikan catatan modern tentang perubahan permukaan laut global dan pergerakan laut skala besar, resolusi spasialnya dibatasi oleh tanda radar yang besar (~10 km) dan kebisingan pengukuran. Keterbatasan ini membuat sulit untuk mempelajari proses kelautan skala kecil, terutama di dekat pantai, tetapi juga di sungai dan danau, dimana, meskipun ada kemajuan dalam pengolahan data, sifat geometris pengamatan subaltimeter (dan tingkat spasial satu dimensinya) tidak dapat dievaluasi. Ide penerapan interferometri radar pada satelit pada oseanografi dan hidrologi terestrial dikembangkan pada abad ke-21 (Biancamaria et al., 2016; Fu dan Rodriguez, 2004; Morrow et al., 2019; Rodriguez et al., 2017). Dua puluh tahun kemudian, misi Surface Water and Ocean Topography (SWOT) diluncurkan pada Desember 2022. SWOT melakukan pengukuran permukaan air dua dimensi resolusi tinggi pertama dari luar angkasa menggunakan dua antenna SAR yang dipisahkan oleh tiang setinggi 10 meter untuk mengorbit. interferometri. . SWOT adalah misi gabungan antara NASA dan CNES (Badan Antariksa Perancis), dengan partisipasi Badan Antariksa Kanada dan Badan Antariksa Inggris.

Lautan secara bertahap dipahami seiring kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi; Namun, masih banyak hal yang belum tereksplorasi dan memerlukan penelitian.

Gelombang laut merupakan faktor penting yang secara signifikan mempengaruhi sistem mekanis laut seperti terumbu lepas pantai dan wilayah pesisir. Perubahan besar pada pasang surut air laut menimbulkan risiko keselamatan yang signifikan terhadap pengoperasian fasilitas lepas pantai. Radar X-band adalah alat yang ampuh untuk memperoleh berbagai panjang gelombang [6]; ia mengukur medan gelombang dengan memantulkan gambar permukaan gelombang melalui radar. Radar X-band sering dikonfigurasi untuk navigasi. Pengukuran medan gelombang yang dilakukan menggunakan teknik berbasis penglihatan telah berhasil digunakan dalam lingkungan terkendali seperti laboratorium. Namun menerapkan teknologi ini di luar negeri masih merupakan tugas yang sulit. Salah satu pendekatannya melibatkan penggunaan sumber cahaya khusus di lingkungan gelap untuk mengambil gambar transmisi atau reflektansi air, yang menyediakan data medan gelombang yang diperlukan. Kesimpulannya, sebagian besar metode deteksi medan gelombang berbasis penglihatan memerlukan sumber cahaya tambahan atau kamera binokular untuk pengukuran, sehingga membatasi cakupan penerapannya. Oleh karena itu, makalah ini terlebih dahulu membahas keterbatasan metode pengukuran medan gelombang yang ada.

METODE PENELITIAN

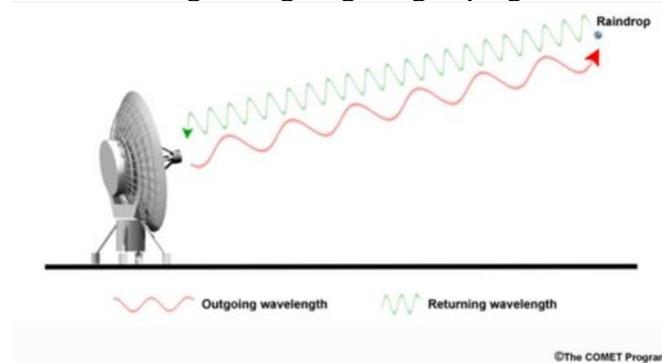
Metode Penelitian ini menggunakan studi literatur yang merupakan serangkaian teknik pengumpulan data, mengolah data hasil dari peneliti sebelumnya yang relevan dengan tema yang telah dibuat. Pada penelitian menggunakan teknik studi literatur ini harus memperhatikan beberapa hal diantaranya mencari data yang relevan, membuat garis besar dan menyusun informasi yang didapatkan. Teknik ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui teori yang relevan dan faktual sesuai dengan hasil percobaan yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Sebagian besar data merupakan hasil penelitian Mekanisme Pengukuran Jarak Dan Kecepatan Oleh Gelombang Radar yang bisa diterapkan oleh masyarakat sesuai dengan prosedur yang benar agar didapatkan hasil yang maksimal dan bermanfaat. Data yang didapatkan bersumber dari jurnal-jurnal maupun buku yang terkait dengan Pengolahan sampah plastik. Pengolahan data dan analisis menggunakan analisis deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gelombang radar adalah jenis gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam sistem radar. Gelombang ini memiliki sifat khusus yang memungkinkan mereka untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari keperluan militer hingga pemantauan cuaca dan navigasi penerbangan. Efek Doppler merupakan salah satu konsep dari radar yang sering kita jumpai di sekitar kita, terutama di jalan raya. Efek Doppler terjadi ketika suara dipantulkan oleh benda bergerak. Misal kita mendengar suara sirine ambulans mendekati kita sambil berdiri diam di pinggir jalan, maka suara sirine tersebut semakin keras, namun semakin kita lewat, bunyi sirine tersebut semakin mengecil seiring dengan semakin jauhnya jarak antara kita dan sirene tersebut. mobil meningkat. mobil memperbesar dengan sirene. Fenomena kenyaringan dan kelemahan akibat perbedaan sumber bunyi dan pendengar disebut efek Doppler. Dalam sistem kerjanya, radar menggunakan dua fenomena fisik ini. Katakanlah kita mengirimkan suara ke arah mobil yang bergerak ke arah kita. Beberapa gelombang suara dipantulkan dari mobil. Saat mobil bergerak ke arah kami, suaranya semakin keras. Jika kita mengukur waktu pantulan bunyi, maka diperoleh kecepatan mobil. Jadi, efek gema suara dapat digunakan untuk mengukur jarak suatu benda dan efek Doppler untuk mengukur kecepatan suatu benda. SONAR menggunakan konsep ini. Saat penyelam menggunakan sistem SONAR ini untuk mendeteksi kapal lain. Namun

beberapa kelemahan sistem SONAR dibandingkan RADAR adalah:- Jangkauan sinyal suara sangat pendek dibandingkan gelombang elektromagnetik- Sinyal suara terdengar jelas sehingga dapat mengganggu lingkungan, kecuali sinyal suara digunakan berdasarkan USG- Deteksi suara sangat rumit dibandingkan dengan gelombang elektromagnetik yang dipantulkan.

Radar mengirimkan gelombang energi gelombang mikro yang terfokus (ya, seperti oven microwave atau telepon seluler, tetapi lebih kuat) ke suatu objek, mungkin awan. Sebagian dari pancaran energi ini dipantulkan kembali dan diukur oleh radar, yang memberikan informasi tentang target. Radar tersebut dapat mengukur ukuran, jumlah, kecepatan dan arah hujan dalam radius sekitar 100 mil dari lokasinya. Radar Doppler adalah radar khusus yang mengumpulkan efek Doppler dari partikel terukur. Misalnya, radar Doppler memancarkan sinyal yang dipantulkan oleh tetesan air hujan saat badai. Sinyal radar yang dipantulkan diukur oleh penerima radar dengan mengubah frekuensi. Perubahan frekuensi ini berhubungan langsung dengan pergerakan tetesan air hujan.



Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Xiao, et al. 2024) Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh bendungan mengalami penurunan permukaan tanah secara terus menerus, dengan deformasi maksimum pada arah garis pandang berukuran ~160 mm. Meskipun perbedaan penurunan kecil terjadi di berbagai bagian bendungan, kemiringannya tidak signifikan karena panjangnya bendungan. Hasil deformasi InSAR dari berbagai geometri menunjukkan konsistensi yang baik, dengan korelasi tertinggi yang diamati antara kumpulan data Sentinel-1 naik dan turun, melebihi 0,9. Validasi terhadap observasi GNSS di tiga lokasi Bendungan SWC menunjukkan keakuratan perpindahan InSAR adalah ~8 mm. Perubahan ketinggian air memang berdampak pada deformasi, namun penurunan konsolidasi tampaknya menjadi faktor pengendali utama selama periode pemantauan. Studi ini menggarisbawahi potensi InSAR dalam proyek perpindahan air jarak jauh dan menyoroti bahwa deformasi berkelanjutan secara spasial merupakan keuntungan paling signifikan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Liao, et al. 2024) : Hasil XRD (Gambar 2 (a)) menunjukkan adanya puncak difraksi pada $2\theta = 26,4^\circ$ dan $2\theta = 45,49^\circ$ pada seluruh sampel, hal ini dapat disebabkan oleh bidang kristal grafit (002) dan bidang kristal Ni₂Si (121). . Sampel SiBCN(Ni)-1 dan SiBCN(Ni)-2 menunjukkan puncak difraksi yang luas dan lemah, menunjukkan adanya fitur amorf. Setelah perlakuan panas pada 1300 °C, spektrum XRD menunjukkan munculnya puncak difraksi yang sesuai dengan bidang kristal β -SiC pada $2\theta = 35,6^\circ$ (111). Hasilnya menunjukkan bahwa doping Ni berkontribusi pada pembentukan karbon nanotube (CNT), yang dapat meningkatkan peningkatan kinerja kehilangan konduktif. Selain itu, efek katalitik Ni mendorong pembentukan berbagai kristal, termasuk Ni₂Si, β -SiC, Si₃N₄, dan Si₂N₂O, menghasilkan adanya beberapa antarmuka heterogen dan kemampuan kehilangan polarisasi yang sangat baik. Partikel Ni₂Si bertindak se bagai unit kehilangan magnet, sehingga meningkatkan pencocokan

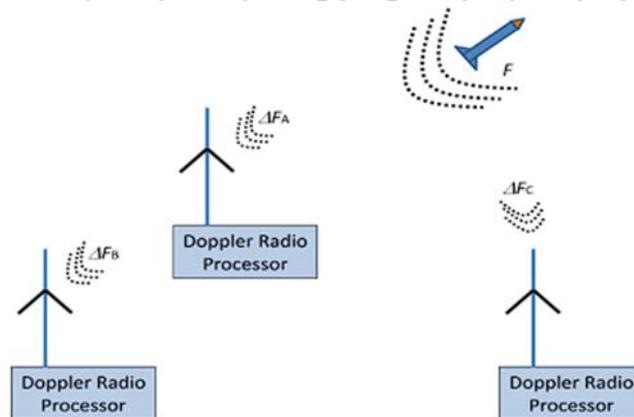
impedansi serat. Akibatnya, sampel SiBCN (Ni) yang disiapkan pada suhu 1300 °C menunjukkan kehilangan refleksi minimum (RLmin) sebesar -21,38 dB dan pita serapan efektif (EAB) sebesar 3,68 GHz. Selain itu, pelapisan serat SiBCN (Ni) terbukti efektif mereduksi sinyal Radar Cross Section (RCS).

Mekanisme jarak dan lokasi peluncuran roket yang termasuk ke dalam gelombang radar. Sistem ini berhasil dikembangkan dengan mencakup kemampuan pelacakan tiga dimensi (Harris Setyawan, 2010). Cara ini lebih sulit untuk mengukur posisi dan kecepatan rudal karena pengukurannya terpusat di base station dan dipadukan dengan sinyal pengulang radar. Telemetri GPS juga dapat digunakan untuk melacak lokasi rudal, cara ini relatif sederhana namun memiliki kelemahan yaitu hanya dapat mengukur ketinggian hingga 18 km dan pengambilan sampel datanya lambat (Markgraf, M.; Montenbruck, O. ; Hassenpflug, F.; Banteng, B., 2009). Metode lain yang dapat digunakan untuk mengukur lintasan suatu rudal adalah dengan menggunakan efek Doppler pada gelombang radio (Bull, Barton; Bjelland, B., 1963; Martin-Loef, 1967; Dean, E. A., 1960; Seddon, JC, 1963; Jackson, JE, 1963; Spafford, M., 1965; Hudgins, JI, 1969; Effendi D.A, 2008).

Pemancar radio ditempatkan dengan roket dan diubah posisi atau jaraknya dengan proses yang terintegrasi. Ketiga titik ini dapat diukur secara mandiri, sehingga tidak memerlukan sinkronisasi instrumen, hanya diperlukan sinkronisasi sampel waktu yang tugasnya sangat penting untuk ditentukan. Sinkronisasi ini dapat dilakukan melalui gelombang radio atau disebut dengan doppler repeater. Metode pelacakan Doppler Metode radio-Doppler mengukur perubahan frekuensi sinyal pembawa radio yang disebabkan oleh kecepatan rudal saat bergerak menjauh dari titik peluncurannya. Frekuensi sinyal radio yang diterima di stasiun pengamatan FA sedikit berkurang dibandingkan frekuensi sinyal radio yang dikirim oleh rudal fA. Persamaan yang digunakan untuk pengukuran adalah sebagai berikut. memancarkan terus menerus sehingga jika kecepatan berubah atau saat mendekati

$$f_A = f - \frac{fV}{c}$$

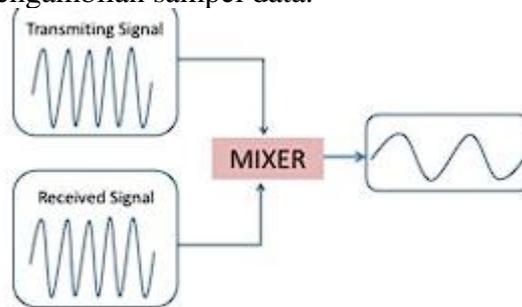
meninggalkan stasiun penerima, perubahan frekuensinya dari aslinya frekuensi Jika Anda menjauh, frekuensi yang dapat diterima berkurang, dan sebaliknya, jika Anda mendekat, frekuensinya meningkat. Dengan menggunakan metode ini, kecepatan peluru dapat dihitung, dan jika terdapat 3 titik, maka koordinat 3 dimensi lintasan peluru juga dapat diukur, berdasarkan prinsip titik potong yang sampai pada proyektil.



Gambar 2-1: Tracking 3 dimensi menggunakan Doppler radio

Perubahan frekuensi efek Doppler dapat dihitung dengan mixer sirkuit elektronik penerima radio stasiun pangkalan. Perbedaan antara frekuensi sinyal yang diterima oleh rudal dan frekuensi sinyal referensi di stasiun penerima merupakan keluaran dari mixer. Nilai frekuensi maksimum sinyal pencampur dapat diprediksi dari persamaan (2-1) dengan

kecepatan roket, yang juga diprediksi dari simulasi berdasarkan data uji statik motor roket. 5 kHz, sehingga kartu suara komputer dapat digunakan untuk memproses sinyal, tetapi menggunakan konverter analog ke digital (ADC) berkecepatan tinggi dapat meningkatkan akurasi dan kecepatan pengambilan sampel data.



Gambar 3-1: Ekstraksi perubahan frekuensi signal efek Doppler

Semakin besar perubahan frekuensi sehubungan dengan kecepatan rudal, semakin besar akurasi dan semakin sensitif responsnya. Oleh karena itu, semakin tinggi frekuensinya semakin baik, namun Anda harus memperhatikan karakteristik bandwidth penerima radio, kecepatan maksimum dan jangkauan terukur.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Tan, et al. 2024) Kemampuan pengukuran 2-D SWOT yang unik memfasilitasi penghitungan GG pada arah lintas jalur dan diagonal, sehingga secara signifikan meningkatkan presisi komponen timur DOV. Kemajuan ini mengarah pada peningkatan akurasi anomali gravitasi. Untuk penghitungan DOV menggunakan LSC, sangat penting untuk menentukan jendela penghitungan dan menetapkan ambang batas untuk pengecualian outlier. Menyeimbangkan akurasi, volume data, dan efisiensi komputasi, jendela penghitungan DOV diatur ke 6 menit, dengan ambang batas outlier ditetapkan pada 3 μ rad. Dibandingkan dengan Exp.1, meskipun Exp.2 menyertakan GG lintas jalur, tidak ada perubahan signifikan pada presisi komponen utara. Faktor yang paling berpengaruh terhadap presisi komponen utara tetaplah GG sepanjang jalur. Khususnya, terdapat peningkatan sebesar 78,10 persen pada presisi komponen timur (lihat Tabel 1). Peningkatan ini disebabkan oleh perubahan sudut kemiringan orbit SWOT sebesar 77,6°, azimuth arah lintas jalur SWOT di wilayah studi (Laut Cina Selatan) sekitar 102,4°, yang membantu menyelesaikan komponen gradien timur dari lintas- melacak SSH. Dalam simulasi kami, kami secara sistematis memperkenalkan kesalahan instrumental (kesalahan acak, fase, gulungan, dilatasi dasar, dan waktu) dan kesalahan geofisika (kesalahan troposfer basah sisa). Setelah itu, kami menghitung (DOV) dan membandingkannya dengan nilai referensi untuk memastikan dampak dari beragam jenis kesalahan ini. Demikian pula, Bagian 4.3 akan merinci dampak kesalahan ini terhadap anomali gravitasi. Dalam penelitian kami, pengaruh kesalahan pada anomali gravitasi menggunakan data siklus tunggal dianalisis secara menyeluruh pada Tabel 5, dengan GA_ref_1 sebagai tolok ukurnya. Kesalahan tersebut, diurutkan dari yang paling berdampak hingga yang paling kecil, adalah kesalahan fase, kesalahan acak, kesalahan gulungan, kesalahan sisa troposfer basah, kesalahan dilatasi garis dasar, dan kesalahan waktu. Khususnya, dampak kesalahan fase adalah sekitar dua kali lipat dari kesalahan acak. Hal ini sangat penting karena kesalahan fasa terutama menurunkan presisi komponen timur dalam DOV (lihat Tabel 3), yang pada akhirnya mengganggu akurasi anomali gravitasi. Untuk data satu siklus, dampak kumulatif dari semua kesalahan pada pemulihan gravitasi diukur pada 3,46 mGal.

KESIMPULAN

Dalam menjalankan kehidupan sehari – hari manusia banyak dibantu oleh gelombang elektromagnetik. Penerapan gelombang radar dalam kehidupan sehari – hari seperti membantu lancarnya komunikasi, dengan bantuan ponsel, internet dan WiFi. Gelombang radar juga digunakan untuk melacak kecepatan kendaraan, manusia menggunakan kendaraan untuk berpindah tempat. Adakalanya kecepatan kendaraan yang melampaui batas bisa berbahaya, salah satu manfaat lain yaitu digunakan polisi untuk melacak kendaraan yang berlalu lalang di lalu lintas. Gelombang radar juga bisa digunakan untuk menghitung kecepatan angin, dan membantu sistem penerbangan seperti roket, pesawat dan kendaraan udara lainnya. Alat deteksi yang terpasang di pesawat atau transponder mengirim informasi kepada bandara atau pusat pengendali radar. Dengan demikian, dapat diketahui kecepatan pesawat, ketinggian, kode, posisi, dan jarak dari pusat pengendali.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhuin, F., Collard, F., Chapron, B., Girard-Ardhuin, F., Guitton, G., Mouche, A., & Stopa, J. E. (2015). Estimates of ocean wave heights and attenuation in sea ice using the SAR wave mode on Sentinel-1A. *Geophysical Research Letters*, 42(7), 2317-2325.
- C Zhang, L Liu, L Zhou, X Yin, X Wei, Y Hu, Y Liu... - *Acs Nano* . Self-powered sensor for quantifying ocean surface water waves based on triboelectric nanogenerator.
- Carrasco, R., Nieto-Borge, J. C., Seemann, J., & Horstmann, J. (2024). Significant Wave Height Retrieved from Coherent X-Band Radar: A Physics Based Approach. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.
- Chaudhary, S., Sharma, A., Naeem, M. A., & Meng, Y. (2024). Target Detection in Challenging Environments: Photonic Radar with a Hybrid Multiplexing Scheme for 5G Autonomous Vehicles. *Sustainability*, 16(3), 991.
- Chiu, J. C., Lee, G. Y., Hsieh, C. Y., & Lin, Q. Y. (2024). Design and Implementation of Nursing-Secure-Care System with mmWave Radar by YOLO-v4 Computing Methods. *Applied System Innovation*, 7(1), 10.
- F. Ruiz-Perez, S.M. López-Estrada, R.V. Tolentino-Hernández, F. Caballero-Briones. Carbon-based radar absorbing materials: A critical review. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*.
- Fu, L. L., Pavelsky, T., Cretaux, J. F., Morrow, R., Farrar, J. T., Vaze, P., ... & Dibarboure, G. (2024). The Surface Water and Ocean Topography Mission: A breakthrough in radar remote sensing of the ocean and land surface water. *Geophysical Research Letters*, 51(4), e2023GL107652.
- Gómez-Enri, J., Aldarias, A., Mulero-Martínez, R., Vignudelli, S., Bruno, M., Mañanes, R., ... & Fernández-Barba, M. (2024). Satellite Radar Altimetry Supporting Coastal Hydrology: Case Studies of Guadalquivir River Estuary and Ebro River Delta (Spain). *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*.
- J Chen, D Zhang, Z Wu, F Zhou..., Contactless electrocardiogram monitoring with millimeter wave radar. *IEEE Transactions on Mobile Computing*.
- J Pegoraro, M Rossi, Real-time people tracking and identification from sparse mm-wave radar point-clouds. *IEEE Access*.
- Li, J., Tian, J., Qiu, R., Yao, X., Liu, Q., Chen, H., ... & Xie, J. (2024). Absorption-Transmission-Diffusion-Type Radar Cross Section Reduction Metasurfaces Based on Frequency Selective Absorber and Polarization Conversion Chessboard Structure. *Journal of Physics D: Applied Physics*.