

GLOBAL POSITIONING SYSTEM BERBASIS RADIO DETECTION AND RANGING

**Nandita Datta Pradipta^{1*}, Purwanita Muthi'ah¹, Lintang Atikasari
Frisanudin¹, Ovie Harindrika Darmawan¹**

¹Universitas Sebelas Maret, Surakarta

*Email korespondensi: nanditadattapradipta@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang elektromagnetika telah mendorong kemajuan teknologi pada bidang navigasi dan komunikasi yang berdampak besar pada berbagai sektor kehidupan. Salah satu perkembangannya yaitu *Radio Detection and Ranging* (Radar). Radar merupakan hasil perkembangan pada bidang elektromagnetika yang berfungsi untuk mendeteksi lokasi suatu objek. Radar memiliki berbagai jenis, salah satunya adalah *Global Positioning System* (GPS). GPS adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menentukan lokasi objek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui radar dan alur pemodelannya, serta jenis, cara kerja dan komponen GPS. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi literatur dengan deskripsi kualitatif. Proses pada prinsip kerja radar menggunakan beberapa pemodelan yang digambarkan dengan alur pemodelan. Pada sistem GPS, cara kerja yang dilakukan dengan mendeteksi sinyal yang dikirim oleh satelit. Selain itu, GPS memiliki beberapa jenis yang terbagi berdasarkan fungsinya serta terdiri dari berbagai komponen yang dibutuhkan dalam penggunaannya.

Kata kunci: Gelombang elektromagnetika; GPS; *Radio Detection and Ranging*

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, ilmu dan teknologi semakin berkembang, tidak terkecuali pada bidang elektromagnetika. Radar (*radio detection and ranging*) merupakan salah satu hasil perkembangan pada bidang elektromagnetika. Radar merupakan sistem deteksi yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi keberadaan objek di suatu lokasi (Noval et al., 2023). Radar bekerja dengan memancarkan gelombang elektromagnetik ke arah objek tertentu, kemudian menerima dan menganalisis gelombang yang dipantulkan untuk menentukan karakteristik seperti jenis, posisi, jarak, dan kecepatan (Taryana et al., 2019). Radar digunakan di berbagai bidang, seperti bidang militer, kesehatan, transportasi, dan cuaca. Ada beberapa jenis dari radar, salah satunya adalah *global positioning system*.

Global positioning system atau GPS adalah suatu sistem teknologi yang berguna untuk menunjukkan lokasi, navigasi, dan waktu bagi pengguna (Astro & Humairo, 2019). GPS bekerja dengan memanfaatkan sinyal dari satelit untuk menentukan lokasi suatu objek. Hal ini juga diungkapkan oleh Farida & Rosalina (2020), GPS merupakan sistem navigasi berbasis satelit yang memberikan informasi lokasi dan waktu secara akurat dalam berbagai kondisi cuaca selama perangkat GPS masih menerima sinyal yang dipancarkan oleh satelit. Teknologi GPS ini pertama kali dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat untuk kepentingan militer dan sipil. Sistem ini dibuat untuk menyajikan informasi posisi dan kecepatan kepada pengguna secara global, tanpa terpengaruh oleh waktu maupun kondisi cuaca (Perkasa, 2019). Seiring dengan perkembangan teknologi, saat ini GPS sudah banyak digunakan hampir seluruh manusia dalam berbagai bidang untuk memudahkan dalam mencari informasi terkait lokasi atau menemukan rute tujuan.

GPS mengalami berbagai perkembangan, sehingga semakin mudah diakses dan digunakan. Namun, GPS juga masih memiliki kekurangan, seperti membutuhkan jaringan yang kuat, adanya gangguan di sekitar objek, dan jarak antara objek dan server atau satelit yang memperlambat informasi kepada pengguna. Oleh karena itu, dibutuhkan kajian lebih guna meningkatkan kualitas dari *global positioning system*.

Tujuan yang akan dibahas dalam artikel ini yaitu: (1) Bagaimana permodelan Radar yang ada?; (2) Bagaimana cara kerja *Global Positioning System*?; (3) Apa saja jenis GPS?; dan (4) Apa saja komponen yang digunakan pada GPS?

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode studi literatur. Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui sumber yang relevan berdasarkan jurnal maupun artikel. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara kritis untuk mengidentifikasi teori, konsep, serta temuan-temuan terdahulu yang mendukung pembahasan masalah. Proses analisis dilakukan dengan membaca, mencatat, dan mensintesis informasi sehingga diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai isu yang dikaji. Hasil kajian literatur ini digunakan sebagai dasar dalam merumuskan kerangka teori dan pembahasan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Radar dan Permodelannya

Menurut Javadi & Farina (2020), radar adalah sebuah sistem elektro yang berfungsi untuk mendeteksi lokasi suatu objek yang disebut target. Radar ditemukan oleh Maxweel pada 1865 lalu dikembangkan oleh percobaan Hertz pada 1886 sehingga gelombang

dipantulkan oleh suatu objek fisik. Pada tahun 1902 sampai dengan 1925, radar dapat mendeteksi jarak suatu target. Brief dan Tuve pada tahun 1925 mengaplikasikan metode *Pulse Wave* (Z. et al., 2019). Pada Perang Dunia II, radar berkembang semakin pesat karena digunakan oleh pihak militer. Hingga saat ini, radar berkembang begitu cepat, baik secara sistem ataupun jenis radar. Fungsi dari radar adalah.

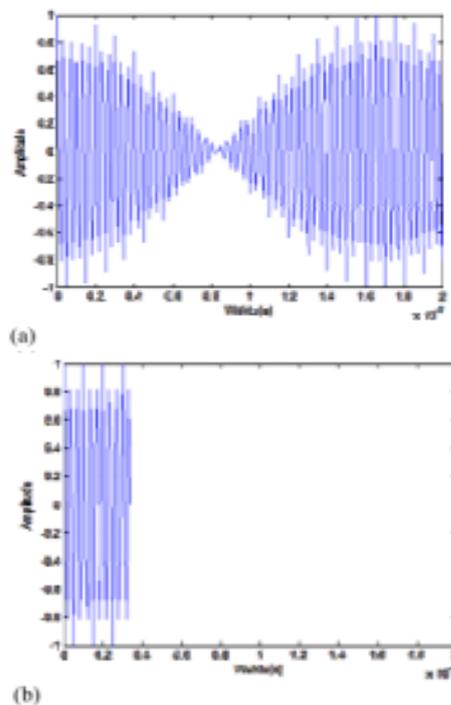
1. Membedakan satu sinyal yang dibutuhkan dari beberapa sinyal hasil pantulan dan memisahkan sinyal dari gangguan pada *receiver*.
2. Mendeteksi sinyal pantul dari objek yang diinginkan.
3. Menguji parameter pengukuran tertentu, seperti posisi objek dalam tiga dimensi, *velocity vector*, *angular direction*, dan *angular velocity* (Z. et al., 2019).

Prinsip kerja radar dengan membentuk sinyal berupa gelombang kontinu dengan frekuensi f_0 yang dipancarkan secara menerus lalu diteruskan ke antena oleh isolator, sehingga radar menggunakan antena *transmitter* dan *receiver* yang berbeda. Saat diteruskan ke antena, sebagian kecil gelombang bocor ketika menuju detektor akan dimodulasi dengan frekuensi *carrier* f_c untuk dipancarkan. Apabila gelombang menangkap target yang bergerak di udara bebas dan memiliki kecepatan relatif terhadap radar, target akan memancarkan gelombang *echo* dengan pergeseran frekuensi f_d yang sesuai dengan asas *doppler* yang akan diterima antena *receiver*. Lalu akan diteruskan menuju detektor untuk digabungkan dengan sinyal referensi untuk mendapatkan f_d yang akan terdeteksi oleh radar.

Setelah itu, sinyal *echo* dapat dideteksi dengan *correlator* dan beberapa *Narrow Band Filter* (NBF) untuk mengetahui keberadaan target. Proses ini menggunakan beberapa permodelan, yaitu.

1. Permodelan Sinyal Transmisi Radar

Sinyal bentuk pulsa dan gelombang kontinu pada transmitter dibangkitkan lalu dimodulasi dengan frekuensi *carriernya*. Bentuk modulasi tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4 Modulasi Sinyal Radar C_w (A) dan Pulsa (B).

2. Permodelan Sinyal *Echo Target*

Sebuah radar memiliki target yang berbeda, tergantung jenis radarnya. Misalnya, radar untuk mengetahui lokasi seseorang atau suatu benda yang biasa disebut sebagai *global positioning system* (GPS). Berdasarkan referensi, didapatkan persamaan.

$$\gamma = \sqrt{\sigma} \exp(j\theta)$$

Di mana γ adalah koefisien refleksi kompleks yang nilainya bergantung pada nilai akar dari faktor *radar cross section* (σ) dan eksponensial dari sudut datang. Faktor amplitudo ini menyatakan besar redaman sinyal oleh target karena adanya faktor-faktor propagasi, yang dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$K = \left(\frac{G^2 \gamma^2 F^4}{(4\lambda)^3 R^4 L} \right)^{\frac{1}{2}} \gamma$$

Di mana G adalah *gain* antena, λ adalah panjang gelombang, F adalah faktor propagasi, R merupakan jarak radar ke objek target, dan L merupakan *losses*.

3. Permodelan Sinyal *Echo Clutter*

Sinyal *echo* terpantul kembali bukan hanya karena target, tetapi juga dari *clutter* (objek lain selain target) yang dapat memantulkan gelombang radar sehingga dapat menimbulkan gangguan deteksi penyebaran *clutter* secara acak karena memiliki fase dan amplitudo tidak tentu.

4. Permodelan *Noise*

Noise AWGN bersifat *additive* (menambah sinyal), *white* (berada pada spektrum frekuensi kerja), *gaussian* (mempunyai distribusi *gaussian*/normal) sehingga dapat memperbaiki perubahan sinyal dalam setiap propagasi komunikasi.

5. Permodelan Sinyal *Echo Radar*

Sinyal *echo* radar dapat diperoleh dari penjumlahan sinyal *echo* target, sinyal *echo clutter*, dan *noise* yang diperoleh.

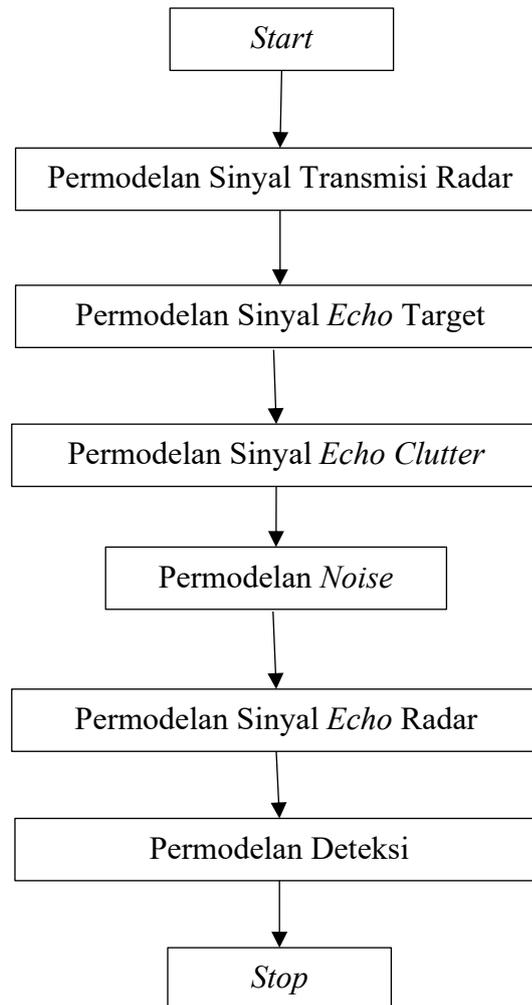
6. Permodelan Deteksi

Sinyal yang diterima pada *receiver* akan dideteksi oleh detektor, dengan tahap sebagai berikut.

- Sinyal *echo* di demodulasi dua kali dengan sinyal referensi dari transmitter untuk mendapatkan sinyal dengan frekuensi doppler yang mendekati *baseband* dan terpisah dari frekuensi transmitternya.
- Sinyal akan dikonversikan ke dalam spektrum dengan domain frekuensi menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT).
- Sinyal di filter dengan *Low Pass Filter* (LPF) dan *Band Pass Filter* (BPF).
- Spektrum dari hasil kedua filter dibandingkan, apabila *power* dari *output Z1* atau *Z5* lebih kecil dari *output Z2*, *Z3*, dan *Z4*, maka akan terdeteksi sebagai target (Long et al., 2019).

Secara singkat, permodelan tersebut dapat dilihat dalam Bagan 1. Parameter radar dengan sinyal bentuk pulsa, yaitu.

- Frekuensi *carrier*, banyak variasi, sesuai dengan kebutuhan desain dan misi radar.
- Lebar pulsa, berhubungan dengan *bandwidth* dan berfungsi untuk menentukan besar *range resolution*.
- Teknik modulasi yang berbeda guna meningkatkan kemampuan radar.
- Pulse Repetition Frequency* (PRF), berkaitan dengan daya *transmit* dan *range ambiguities* (Voyer et al., 2015).



Bagan 1 Alur Permodelan Radar

Radar memiliki banyak jenis, seperti radar cuaca dan radar lokasi atau biasa disebut dengan *Global Positioning System* (GPS).

Global Positioning System (GPS)

Menurut Farida & Rosalina (2020), *Global Positioning System* (GPS) adalah suatu sistem teknologi yang berguna untuk menunjukkan lokasi yang dirancang menggunakan satelit di luar angkasa. Satelit tersebut akan mengirimkan sinyal yang berguna untuk mendeteksi lokasi atau pun keberadaan seseorang. Sistem GPS kini digunakan di seluruh dunia, tidak terkecuali di Indonesia. Di Indonesia, GPS digunakan pada aplikasi yang membutuhkan informasi lokal.

Pada tahun 1973, Amerika Serikat mengembangkan sistem navigasi yang disebut *Defence Navigation Satellite* (DNSS) yang digunakan untuk menentukan lokasi guna mendukung operasi kapal selam. GPS pertama kali digunakan oleh Departemen Pertahanan Amerika pada tahun 1978. GPS/Navtar pertama yang diluncurkan terdiri dari 24 konstelasi dan 6 orbit. Karena banyaknya penemuan baru yang memudahkan masyarakat sipil dalam penggunaan navigasi, maka GPS tidak hanya digunakan oleh bidang militer. Pada 2007,

Amerika kembali mengembangkan navigasi untuk bidang militer.

Jenis GPS

Global Positioning System memiliki beberapa jenis berdasarkan fungsi, di antaranya.

1. GPS Militer
GPS dapat digunakan untuk mendukung sistem pertahanan militer, memantau pergerakan musuh selama perang, dan memandu arah jatuhnya bom agar lebih tepat sasaran.
2. Navigasi GPS
Lokasi, arah, dan tujuan kendaraan dapat dideteksi dengan memasang *GPS Tracker* pada kendaraan. Setelah GPS mengirimkan posisi kendaraan, maka akan disajikan dalam bentuk peta digital agar perjalanan lebih nyaman.
3. GPS untuk Sistem Informasi Geografis
Sistem Informasi Geografi membutuhkan GPS untuk mempermudah pembuatan peta, mengukur jarak batas dan berfungsi sebagai referensi untuk mengukur area.
4. GPS untuk Sistem Pelacakan Kendaraan
Sistem pelacakan kendaraan memerlukan GPS sebagai sarana untuk menampilkan dan menerima sinyal dari lokasi yang berbeda. Misalnya, untuk mengetahui lokasi kendaraan dengan melihat koordinat perangkat yang terpasang di kendaraan melalui *smartphone*.
5. GPS untuk Pemantauan Gempa
GPS terus berkembang, sehingga GPS dapat digunakan untuk mendeteksi pergerakan tanah di Bumi. Hal ini, mempermudah para ahli geologi untuk memprediksi kemungkinan terjadinya pergerakan tanah atau gempa di suatu daerah.

Komponen GPS

Dalam sistem navigasi, GPS terdiri dari tiga komponen utama yang meliputi *ground segmen*, *space segmen*, dan *user segmen*. *Ground segmen* merupakan stasiun pengendali satelit di bumi, *space segmen* berupa satelit-satelit yang mengorbit bumi, dan *user segmen* berupa perangkat penerima GPS. *Ground segmen* terbagi menjadi empat bagian antara stasiun kontrol pusat, stasiun kontrol alternatif, antena, dan stasiun monitor. Segmen ini memiliki peran penting dalam memantau lintasan orbit satelit untuk memastikan sinkronisasi jam atom, melakukan koreksi terhadap kesalahan pada model orbit satelit, memperbarui data navigasi, serta menyampaikan informasi terkait cuaca luar angkasa dan berbagai data pendukung lainnya (Astro & Humairo, 2019; Oxley, 2017). *Space segmen* yang merupakan satelit berfungsi menerima serta menyimpan data yang dikirimkan oleh stasiun-stasiun pengontrol, mengelola dan menjaga informasi waktu dengan tingkat ketelitian tinggi yang ditentukan oleh jam atom pada satelit dan secara terus-menerus memancarkan sinyal dan informasi kepada penerima (*receiver*). Satelit ini juga dilengkapi dengan baterai yang dipasang secara *onboard* yang berfungsi sebagai sumber daya cadangan, khususnya ketika terjadi gerhana matahari atau ketika satelit tidak memperoleh cahaya matahari secara langsung. Selain itu, satelit juga dilengkapi dengan roket pendorong guna mempertahankan posisinya tetap berada pada orbit yang telah ditentukan (Hartini, 2019). Sedangkan *user segmen* terdiri dari para pengguna satelit GPS di berbagai lokasi. Dalam hal ini, diperlukan perangkat penerima sinyal GPS (*GPS receiver*) yang berfungsi untuk menangkap dan mengolah sinyal yang dipancarkan oleh satelit, guna memperoleh informasi mengenai posisi, kecepatan, dan waktu (Perkasa, 2019).

Cara Kerja GPS

Setiap wilayah di permukaan bumi umumnya dapat dijangkau setidaknya tiga hingga empat satelit. Kondisi langit yang cerah dan tidak ada penghalang di daerah tersebut memudahkan GPS untuk menerima sinyal yang dipancarkan oleh satelit. Semakin banyak sinyal yang diterima, maka tingkat akurasi penentuan posisi yang diberikan semakin tinggi. Syarat utama dalam menggunakan GPS adalah keberadaan GPS *receiver*. Perangkat ini berfungsi sebagai penerima sinyal dari satelit GPS dan digunakan untuk menghitung posisi koordinat berdasarkan data yang diterima. Setiap satelit GPS memancarkan sinyal berupa gelombang mikro yang kemudian diterima oleh GPS *receiver*. Perangkat ini akan mengolah sinyal yang diperoleh dengan melakukan proses triangulasi untuk menentukan posisi dengan menghitung waktu tempuh sinyal dari satelit hingga diterima, dan kemudian mengalikannya dengan kecepatan cahaya untuk mengetahui jarak *receiver* dari masing-masing satelit (Arfittariah & Jumardi, 2022). Menurut Malau & Sitanggang (2019), terdapat lima langkah cara kerja GPS, sebagai berikut.

GPS menggunakan prinsip perhitungan "triangulasi" dari satelit.

Dalam perhitungan "triangulasi", GPS menggunakan *time travel* sinyal radio untuk mengukur jarak.

Pengukuran *time travel*, GPS membutuhkan keakuratan waktu yang tinggi.

Untuk menghitung jarak secara tepat, diperlukan informasi yang akurat mengenai posisi satelit dan ketinggiannya di orbit.

Terakhir, diperlukan koreksi keterlambatan sinyal waktu perjalanan di atmosfer sampai diterima oleh *receiver*.

Menurut Perkasa (2019), satelit GPS mengorbit bumi dan mengirimkan sinyal informasi ke bumi. GPS mendapatkan informasi ini dan menghitung lokasi persis pengguna dengan menggunakan perhitungan "triangulasi". GPS *receiver* dapat membedakan waktu sinyal dikirim dengan waktu sinyal diterima. Berdasarkan informasi ini, dimungkinkan untuk melihat seberapa jauh jarak satelit. Dengan menghitung jarak GPS *receiver* dapat menghitung dan menentukan lokasi pengguna dan menampilkannya pada peta elektronik. GPS *receiver* harus mengunci sinyal yang diberikan, paling sedikit dari tiga satelit untuk menghitung posisi dua dimensi dan dapat melacak pergerakan. Apabila GPS *receiver* dapat menerima empat atau lebih satelit, maka GPS dapat menghitung posisi pengguna secara tiga dimensi. Setelah posisi pengguna berhasil ditentukan, maka GPS mampu menentukan berbagai informasi tambahan seperti kecepatan, arah tujuan, rute perjalanan, estimasi jarak tujuan, dan sejumlah data pendukung lainnya.

Kelebihan dan Kekurangan GPS

Perangkat GPS memiliki sejumlah kelebihan dalam penggunaannya. Menurut Farida & Rosalina (2020), perangkat GPS mudah digunakan dan mampu memberikan informasi posisi koordinat geografis secara cepat dan akurat. Selain itu, menurut Perkasa (2019), GPS mudah digunakan, karena tidak memerlukan pemahaman tingkat tinggi untuk mengoperasikannya. GPS memiliki kebutuhan ruang penyimpanan yang relatif kecil, sehingga memungkinkan untuk digunakan pada berbagai jenis perangkat. Selain itu, GPS juga dapat digunakan berbagai kalangan, karena GPS memiliki berbagai fitur untuk kepentingan yang berbeda dan dilengkapi dengan suara yang memudahkan pengguna yang tidak mengetahui arah di suatu daerah. Meskipun demikian, GPS juga tidak terlepas dari sejumlah kekurangan. Penggunaan GPS membutuhkan jaringan yang kuat, sehingga apabila pengguna berada di daerah dengan jaringan yang kurang kuat akan menggunakan waktu yang lebih lama untuk mendapatkan informasi yang akurat. Selain itu jarak antara pengguna dengan server

atau satelit yang jauh dapat menyebabkan keterlambatan dalam proses penerimaan informasi. Keberadaan gangguan di sekitar objek dapat menyebabkan kesalahan penerimaan informasi pada sistem GPS.

KESIMPULAN

Radar adalah sebuah sistem elektro yang berfungsi untuk mendeteksi lokasi suatu objek. Prinsip kerja radar dengan membentuk sinyal lalu target akan melepas sinyal echo. Proses ini menggunakan berbagai permodelan radar, yaitu, permodelan sinyal transmisi radar, permodelan sinyal *echo* target, permodelan sinyal *echo clutter*, permodelan *noise*, permodelan sinyal *echo* radar, dan permodelan deteksi. GPS adalah teknologi yang berguna untuk menunjukkan lokasi menggunakan satelit. GPS dikembangkan dan digunakan di berbagai bidang.

Perangkat GPS dilengkapi dengan tiga komponen utama yang meliputi *ground segmen* (stasiun pengendali), *space segmen* (satelit), dan *user segmen* (perangkat penerima). Dalam menentukan posisi pengguna, GPS *receiver* mengolah sinyal gelombang mikro yang diperoleh dari satelit dan kemudian untuk menghitung jarak berdasarkan waktu tempuh sinyal yang dikalikan dengan kecepatan cahaya melalui proses triangulasi. Meskipun demikian, perangkat GPS tetap memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfittariah, A. ., & Jumardi, R. (2022). Rancang Bangun Sistem Navigasi GPS pada Prototipe Kapal Model Tanker untuk Mendukung Sistem Autopilot. *Jurnal Nasional Komputasi Dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 5(4), 698–704. <https://doi.org/doi/10.32672/jnkti.v5i4.4689>
- Astro, R. B. ., & Humairo, S. (2019). Teori Relativitas pada Global Positioning System (GPS). *Jurnal Dinamika Sains*, 3(1), 96–102. e-journal.uniflor.ac.id/index.php/optika/article/view/121
- Farida, A. ., & Rosalina, F. (2020). Pelatihan Dasar-Dasar Pengoperasian GPS Garmin bagi Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sorong. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 2(1), 47–56. <https://doi.org/doi/10.33506/pjcs.v2i1.995>
- Hartini, S. (2019). Revolusi Ilmiah: Global Positioning System (GPS) sebagai Bukti Empiris Teori Relativitas. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 2(1), 27. <https://doi.org/doi.org/10.23887/jfi.v2i1.17548>
- Javadi, S. H. ., & Farina, A. (2020). Radar networks: A review of features and challenges. *Inf. Fusion*, 61, 48–55. <https://www.semanticscholar.org/reader/1138b4235f32c1fe550f341d05c19d1b37ac0fc4>
- Long, T. ., Zeng, T. ., Hu, C. ., Dong, X. ., Chen, L. ., Liu, Q. ., Xie, Y. ., Ding, Z. ., Li, Y. ., Wang, Y. ., & Wang, Y. (2019). High Resolution Radar Real-Time Signal and Information Processing. *China Communications*, 16, 105–133. https://www.semanticscholar.org/paper/High-resolution-radar-real-time-signal-and-Long-Zeng/eba50a104ce3e78ab2631866dcabd3783cee1d90?utm_source=direct_link
- Malau, E. P. ., & Sitanggang, E. (2019). Aplikasi Pemantauan Lokasi Keluarga berbasis Android. *MEANS (Media Informasi Analisa Dan Sistem)*, 4(1), 92–97.
- Noval, M. A. ., Nurhayati, Anifah, L. ., & Tjhayaningtjas, R. R. H. P. A. (2023). Desain

- Antena Vivaldi Coplanar Wibeband Untuk Aplikasi Through-Wall Radar (TWR). *Jurnal Teknik Elektro*, 12(1), 9–18.
- Oxley, A. (2017). *Uncertainties in GPS Positioning 1st Edition: A Mathematical Discourse*. Academic Press.
- Perkasa, P. (2019). Use of Global Positioning System (GPS) for Basic Survey on Students. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 7(1), 22–23. <https://doi.org/doi.org/10.37304/balanga.v7i1.553>
- Taryana, Y. ., Manaf, A. ., Sudrajat, N. ., & Wahyu, Y. (2019). Material Penyerap Gelombang Elektromagnetik Jangkauan Frekuensi Radar. *Jurnal Keramik Dan Gelas Indonesia*, 28(1), 1–28.
- Voyer, P. ., Champoux, N. ., Desrosiers, J. ., Landreville, P. ., McCusker, J. ., Monette, J. ., Savoie, M. L. ., Carmichael, P. ., Richard, H. ., & Richard, S. (2015). RADAR: A Measure of the Sixth Vital Sign? *Sage Journal*, 29–39. <https://doi.org/doi.org/10.1177/1054773815603346>
- Z., G. S., D., G. H., Charlish, A., Ranganwamy, M., Greco, M. S., & Bell, K. (2019). An Overview of Cognitive Radar: Past, Present, and Future. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 34(22), 6–8. 10.1109/MAES.2019.2953762.