



Analisis Mekanisme Prosedur Kerja Berbagai Sistem Navigasi Satelit di Dunia

Delon Sitompul^{1*}, Fatimah Azzahra², Derita Ramai Durubanua³, Muhammad Alfi Harahap⁴, Ryan Pramana⁵, Muhammad Arif⁶, Elsa Kardiana⁷

¹⁻⁷Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Korespondensi penulis: delon32223131024@mhs.unimed.ac.id

Abstract. *This study examines the working mechanisms of various global satellite navigation systems, such as GPS, GLONASS, Galileo, and BeiDou, as well as their integration potential across multiple sectors. The research uses a qualitative descriptive approach through literature review of relevant scientific sources. All satellite navigation systems operate based on the principle of triangulation using radio signals from satellites equipped with high-precision atomic clocks. The procedure includes satellite deployment, signal transmission, distance measurement, and position calculation by receiver devices. The results show that although each system has distinct technical characteristics and strategic orientations, integration between systems—through GNSS, SBAS, radar, and Earth observation technologies—can enhance the accuracy, reliability, and coverage of global navigation services. These systems offer wide-ranging benefits in areas such as transportation navigation, fleet tracking, disaster mitigation, environmental conservation, and military applications. This research emphasizes the importance of understanding the procedures and integration of satellite navigation systems to support cross-sector operational efficiency and strengthen technological resilience in the face of global challenges.*

Keywords : *Satellite navigation, Working procedure, System integration*

Abstrak. Penelitian ini mengkaji mekanisme kerja berbagai sistem navigasi satelit global, seperti GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou, serta potensi integrasinya dalam berbagai sektor. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif melalui studi literatur terhadap sumber ilmiah yang relevan. Semua sistem navigasi satelit bekerja berdasarkan prinsip triangulasi menggunakan sinyal radio dari satelit berjam atom presisi tinggi. Prosedur kerjanya meliputi peluncuran satelit, transmisi sinyal, pengukuran jarak, dan perhitungan posisi oleh perangkat penerima. Hasil menunjukkan bahwa meskipun setiap sistem memiliki karakteristik dan orientasi strategis yang berbeda, integrasi antar sistem melalui GNSS, SBAS, radar, dan teknologi pemantauan bumi mampu meningkatkan akurasi, keandalan, dan cakupan layanan navigasi global. Sistem ini juga memberikan manfaat luas, seperti dalam navigasi transportasi, pelacakan armada, mitigasi bencana, konservasi lingkungan, serta aplikasi militer. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemahaman terhadap prosedur kerja dan integrasi sistem navigasi satelit demi mendukung efisiensi lintas sektor dan meningkatkan ketahanan teknologi menghadapi tantangan global.

Kata Kunci : Navigasi satelit, Prosedur kerja, Integrasi sistem

1. PENDAHULUAN

Navigasi satelit telah menjadi bagian integral dari infrastruktur global modern dan memainkan peran penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Sistem ini tidak hanya digunakan untuk keperluan navigasi transportasi darat, laut, dan udara, tetapi juga memiliki peran strategis dalam pengamatan bumi, sistem komunikasi, sektor keuangan, pertahanan, serta industri energi dan telekomunikasi (Rahman & Triharjanto, 2013). Dengan kemampuan untuk menyediakan informasi lokasi yang akurat dan waktu yang presisi, sistem navigasi satelit menjadi komponen vital dalam mendukung efisiensi operasional lintas sektor.

Di dunia, terdapat beberapa sistem navigasi satelit yang dikembangkan dan dioperasikan oleh negara atau konsorsium negara, seperti Global Positioning System (GPS) oleh Amerika Serikat, Global Navigation Satellite System (GLONASS) oleh Rusia, Galileo oleh Uni Eropa,

serta BeiDou oleh Tiongkok. Masing-masing sistem memiliki mekanisme kerja, arsitektur satelit, serta orientasi penggunaan yang berbeda-beda (A. Hidayat, 2019). Misalnya, GPS awalnya dikembangkan untuk keperluan militer dan kini telah meluas ke penggunaan sipil, sementara Galileo lebih menekankan pada independensi dan layanan sipil Eropa.

Perbedaan dalam infrastruktur, teknologi, dan kebijakan operasional menimbulkan tantangan tersendiri dalam hal integrasi antar sistem. Interoperabilitas, kompatibilitas sinyal, dan regulasi internasional menjadi faktor krusial yang perlu diperhatikan dalam upaya menggabungkan manfaat dari berbagai sistem navigasi satelit secara global. Tantangan ini menjadi semakin kompleks seiring dengan meningkatnya ketergantungan berbagai sektor terhadap layanan navigasi satelit yang presisi dan andal.

Pengembangan sistem navigasi satelit juga terus mengalami kemajuan pesat, dengan peningkatan jumlah satelit dalam konstelasi, pemrosesan sinyal yang lebih canggih, serta peningkatan akurasi dan keandalan sistem (Maini & Agrawal, 2015). Hal ini menunjukkan perlunya pemahaman yang mendalam terhadap mekanisme prosedur kerja dari masing-masing sistem navigasi satelit, serta bagaimana sistem-sistem tersebut dapat diintegrasikan untuk mendukung kebutuhan global.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk meneliti dan menganalisis secara lebih mendalam mengenai mekanisme prosedur kerja berbagai sistem navigasi satelit yang ada di dunia. Penelitian ini berjudul “Analisis Mekanisme Prosedur Kerja Berbagai Sistem Navigasi Satelit di Dunia”, yang bertujuan untuk menggambarkan perbedaan, tantangan integrasi, serta manfaat dari sistem navigasi satelit dalam kehidupan sehari-hari dan berbagai sektor strategis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Medan, Sumatera Utara, pada Maret hingga Mei 2024, dengan fokus utama pada analisis mekanisme prosedur kerja berbagai sistem navigasi satelit global. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kualitatif, dengan metode studi literatur untuk memperoleh data dari berbagai sumber ilmiah seperti jurnal, buku, laporan, dan situs web terpercaya. Subjek penelitian adalah sistem navigasi satelit global (GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou), sedangkan objek penelitian adalah mekanisme dan prosedur kerja masing-masing sistem tersebut dalam hal efisiensi, akurasi, dan keandalannya.

Populasi penelitian terdiri dari seluruh literatur ilmiah yang membahas topik terkait, dan sampel diambil secara purposive sampling untuk memilih sumber yang relevan dan berkualitas. Penelitian ini memiliki satu variabel utama, yaitu prosedur kerja sistem navigasi satelit, yang

mencakup aspek teknis seperti peluncuran, pengendalian satelit, pemrosesan sinyal, dan penyampaian data navigasi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui kajian pustaka untuk menggali teori, konsep, dan praktik dari berbagai sistem navigasi satelit yang telah dikembangkan secara global.

Teknik analisis data meliputi:

1. Pengumpulan data dari literatur yang relevan.
2. Reduksi data untuk memilah dan menyusun informasi penting.
3. Penyajian data secara naratif dan sistematis.
4. Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis literatur yang telah dikaji.

Analisis dilakukan secara induktif dengan menekankan pada makna dan pemahaman mendalam atas prosedur kerja tiap sistem, bukan pada generalisasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Mekanisme Dasar Prosedur Kerja Berbagai Sistem Navigasi Satelit

Sistem navigasi satelit di dunia menggunakan prinsip dasar yang sama, yaitu dengan mengukur jarak antara perangkat penerima di bumi dan satelit yang mengorbit. Berdasarkan pengukuran jarak ini, posisi perangkat penerima di bumi dapat ditentukan dengan akurat. Berikut adalah penjelasan lebih detail mengenai mekanisme dasar prosedur kerja sistem navigasi satelit

1. Jaringan Satelit

Setiap sistem navigasi satelit memiliki konstelasi satelitnya sendiri yang mengorbit bumi pada ketinggian tertentu. Menurut Octavia & Fuad (2017), satelit-satelit ini dilengkapi dengan jam atom yang sangat presisi dan pemancar sinyal radio. Sinyal radio ini berisi informasi tentang posisi satelit, waktu, dan data lainnya.

2. Sinyal Radio

Satelit secara berkala memancarkan sinyal radio ke bumi. Sinyal ini diterima oleh perangkat penerima, seperti GPS receiver, di smartphone, mobil, atau pesawat. Sinyal radio ini mengandung informasi tentang beberapa hal, di antaranya sebagai berikut.

- a. Posisi satelit yang diketahui dengan presisi tinggi menggunakan jam atom dan sistem pelacakan di bumi.
- b. Waktu yang disinkronkan dengan jam atom di satelit.
- c. Data lainnya mencakup informasi ephemeris yang berisi detail orbit satelit dan parameter koreksi untuk meningkatkan akurasi posisi.

3. Pengukuran Jarak

Perangkat penerima menghitung jarak ke setiap satelit yang terlihat dengan mengukur waktu yang dibutuhkan sinyal radio untuk mencapai perangkat. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Hanafi (2011), bahwa perhitungan ini menggunakan prinsip triangulasi, di mana jarak dihitung berdasarkan selisih waktu antara penerimaan sinyal dari beberapa satelit.

4. Triangulasi dan Perhitungan Posisi

Perangkat penerima menggunakan informasi jarak yang diukur dari beberapa satelit dan data ephemeris untuk menghitung posisinya di bumi. Perhitungan ini melibatkan persamaan geometri dan algoritma matematika yang kompleks.

5. Faktor yang Mempengaruhi Akurasi

Akurasi posisi yang ditentukan oleh sistem navigasi satelit dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti:

- a. Geometri satelit. Posisi satelit di langit relative terhadap perangkat penerima.
- b. Gangguan sinyal. Interferensi dari faktor eksternal seperti bangunan tinggi atau medan magnet bumi.
- c. Kesalahan jam. Ketidakakuratan jam di satelit atau perangkat penerima.
- d. Multipath. Sinyal radio yang dipantulkan dari permukaan bumi, menyebabkan distorsi dan penurunan akurasi.

Sistem navigasi satelit (SNS) adalah teknologi yang menggunakan satelit buatan manusia untuk memberikan posisi dan waktu yang akurat. Selain itu adapun prinsip kerja SNS menggunakan prinsip triangulasi, di mana posisi suatu objek diprediksi berdasarkan jarak dan sudut antara objek tersebut dengan beberapa titik referensi. Dalam SNS, titik referensi adalah satelit yang diposisikan secara strategis di orbit Bumi. Komponen Sistem SNS terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu yang pertama Satelit, Satelit SNS diposisikan di orbit Bumi dan dilengkapi dengan perangkat yang dapat menerima dan mengirimkan sinyal. Satelit ini berfungsi sebagai titik referensi untuk menghitung posisi objek yang ingin dikenali.

Lalu yang kedua adalah penerima sinyal. Penerima sinyal adalah perangkat yang dipasang di Bumi dan berfungsi menerima sinyal dari satelit. Penerima sinyal ini kemudian menghitung jarak dan sudut antara objek dengan satelit untuk menghitung posisi objek. Lalu yang ketiga adalah pengolah data. Pengolah data adalah perangkat yang berfungsi mengolah data yang diterima dari penerima sinyal untuk menghitung posisi objek yang ingin dikenali.

Berikut adalah prosedur kerja SNS

- a. Penerimaan sinyal. Penerima sinyal menerima sinyal dari satelit dan menghitung jarak dan sudut antara objek dengan satelit.
- b. Penghitungan posisi. Penghitungan posisi dilakukan dengan menggunakan data jarak dan sudut yang diterima dari penerima sinyal. Posisi objek diprediksi berdasarkan jarak dan sudut antara objek dengan beberapa titik referensi (satelit).
- c. Pengolahan data. Pengolah data mengolah data yang diterima dari penerima sinyal untuk menghitung posisi objek yang ingin dikenali.

Penggunaan SNS memiliki beberapa kelebihan, seperti sejumlah poin sebagai berikut ini.

- a. Akurasi tinggi. SNS dapat memberikan posisi yang sangat akurat, sehingga sangat berguna dalam aplikasi seperti navigasi udara dan laut.
- b. Ketersediaan. SNS dapat diakses dari mana saja di Bumi, sehingga sangat berguna dalam aplikasi seperti navigasi darat.

Namun, SNS juga memiliki beberapa kekurangan, seperti:

- a. Biaya. SNS memerlukan biaya yang relatif tinggi untuk pengembangan dan operasionalnya.
- b. Interferensi. SNS dapat terganggu oleh interferensi dari sumber lain, seperti sinyal radio dan radar.

Sistem navigasi satelit telah menjadi teknologi yang sangat penting dalam kehidupan modern, dengan berbagai aplikasi dalam navigasi, pemetaan, pelacakan, dan banyak lagi. Menurut R. S. H. Hidayat (2010), kemampuannya untuk memberikan informasi posisi yang akurat dan real-time telah merevolusi berbagai industri dan membuka peluang baru untuk berbagai aplikasi.

Pembahasan

1. Integrasi antara Berbagai Sistem Navigasi Satelit dalam Aplikasi Global

Integrasi antara berbagai sistem navigasi satelit dalam aplikasi global telah menjadi penting untuk meningkatkan akurasi, kehandalan, dan ketersediaan informasi navigasi. Berikut adalah beberapa contoh integrasi yang telah dilakukan:

- a. Integrasi Sistem Navigasi Satelit Global (GNSS)

Sistem navigasi satelit global (GNSS) seperti GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, dan IRNSS telah dikembangkan untuk memberikan posisi dan waktu yang akurat. Integrasi antara berbagai sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi navigasi yang lebih akurat dan lebih luas. Misalnya, pengguna dapat menggunakan

GPS untuk menentukan posisi di darat, sedangkan GLONASS digunakan untuk menentukan posisi di laut dan udara. Menurut Bhaskara et al. (2024), Galileo dan Beidou digunakan untuk menentukan posisi di darat dan udara, serta untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi seperti navigasi udara dan laut. IRNSS digunakan untuk menentukan posisi di darat dan laut, serta untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi seperti navigasi darat dan laut.

b. Integrasi dengan Teknologi EO

Teknologi EO (Earth Observation) membantu meningkatkan kinerja GNSS dengan memantau perubahan lingkungan dan memberikan respons cepat dalam situasi darurat. Menurut Pertiwi et al. (2023), integrasi antara GNSS dan EO memungkinkan pengguna untuk memantau keadaan dan evolusi lingkungan, serta memberikan respons cepat dalam situasi darurat seperti peristiwa cuaca ekstrem atau situasi konflik.

c. Integrasi dengan Sistem Penambahan Berbasis Satelit (SBAS)

SBAS meningkatkan akurasi dan kehandalan informasi GNSS dengan memperbaiki kesalahan pengukuran sinyal dan memberikan informasi tentang akurasi, integritas, kontinuitas, dan ketersediaan sinyalnya. Integrasi antara GNSS dan SBAS memungkinkan pengguna untuk mendapatkan informasi navigasi yang lebih akurat dan lebih reliabel. Misalnya, SBAS dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi posisi dan kecepatan dalam aplikasi seperti navigasi udara dan laut.

d. Integrasi dengan Teknologi Radar

Teknologi radar dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja GNSS dengan memantau energi yang diterima dari Bumi akibat pantulan dan penyerapan energi Matahari oleh permukaan atau atmosfer Bumi. Integrasi antara GNSS dan teknologi radar memungkinkan pengguna untuk memantau siang dan malam selama semua kondisi cuaca, serta untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi seperti navigasi udara dan laut (Khomsin et al., 2020).

e. Integrasi dengan Sistem Pemantauan Bumi

Sistem pemantauan Bumi seperti Copernicus memungkinkan pengguna untuk memantau keadaan dan evolusi lingkungan di darat, laut, dan udara. Integrasi antara GNSS dan sistem pemantauan Bumi memungkinkan pengguna untuk memantau perubahan lingkungan dan memberikan respons cepat dalam situasi darurat seperti peristiwa cuaca ekstrem atau situasi konflik.

2. Manfaat Sistem Navigasi Satelit dalam Kehidupan

Sistem navigasi satelit (SNS) telah menjadi bagian integral dalam kehidupan sehari-hari, memberikan berbagai manfaat yang signifikan. Beberapa contoh manfaat SNS, diantaranya adalah sebagai berikut.

a. Navigasi yang Akurat

SNS memungkinkan pengguna untuk menentukan posisi dan arah dengan akurasi tinggi. Dengan menggunakan teknologi GPS, pengguna dapat mengetahui lokasi mereka di bumi dan mengoptimalkan rute perjalanan. Hal ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi, seperti navigasi darat, laut, dan udara.

b. Pemantauan Aktivitas

SNS digunakan dalam perangkat pelacakan aktivitas seperti jam tangan pintar dan perangkat kebugaran. Ini memungkinkan pengguna untuk melacak jarak yang mereka tempuh, kecepatan, rute, dan statistik kesehatan lainnya. Hal ini sangat berguna dalam meningkatkan kesehatan dan kebugaran individu.

c. Pemantauan Kendaraan dan Flota

SNS digunakan dalam bisnis yang memiliki armada kendaraan untuk melacak pergerakan dan lokasi kendaraan, mengoptimalkan rute, dan meningkatkan efisiensi operasional. Hal ini sangat berguna dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi transportasi.

d. Pemantauan Bencana Alam, Hewan Liar, Lingkungan, dan Kebakaran Hutan

SNS dapat digunakan untuk memantau pergerakan lempeng tektonik dan potensi bencana alam seperti gempa bumi dan letusan gunung berapi. Hal ini sangat berguna dalam meningkatkan kesadaran dan siaga terhadap bencana alam. SNS digunakan dalam penelitian hewan liar untuk memantau pergerakan dan aktivitas hewan. Hal ini sangat berguna dalam meningkatkan pengetahuan dan konservasi hewan liar.

Tak hanya itu, SNS juga digunakan dalam penelitian lingkungan untuk memantau perubahan dalam vegetasi, pola cuaca, dan perubahan iklim. Hal ini sangat berguna dalam meningkatkan pengetahuan dan konservasi lingkungan. SNS pun dapat digunakan untuk memantau kebakaran hutan dengan menggunakan sensor VIIRS dan MODIS pada satelit polar. Hal ini sangat berguna dalam meningkatkan kesadaran dan siaga terhadap kebakaran hutan (Suwargana, 2013).

e. Militer

Dalam bidang militer SNS juga sangat dibutuhkan karena SNS adalah sebagai salah satu bentuk pertahanan. Misalnya, suatu negara menggunakan SNS untuk pemantauan

wilayah musuh. Menurut Saraswati et al. (2017), SNS juga dapat digunakan untuk mengirim data dan informasi terkait musuh yang terpantau di udara.

4. KESIMPULAN

Teknologi satelit adalah teknologi yang mengumpulkan informasi dari angkasa. Agar satelit tetap pada posisi dan orbit yang diinginkan, diperlukan sistem kendali yang presisi. Sistem navigasi dalam satelit, seperti GPS, menggunakan sinyal radio untuk menentukan lokasi di permukaan bumi. GPS, dikembangkan oleh Departemen Pertahanan AS, terdiri dari tiga bagian utama: kontrol, angkasa, dan pengguna. Satelit GPS mengirim sinyal yang digunakan untuk menentukan posisi, kecepatan, arah, dan waktu. GPS memiliki manfaat luas, termasuk dalam navigasi kapal, pelacakan objek, dan pengelolaan rantai pasokan pertanian hingga militer.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmada, A. I., Wahyudi, W., & Handoyo, E. (2020). Implementasi pengendali PID untuk navigasi autonomous berbasis Global Positioning System pada purwarupa Autonomous Surface Vehicle. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(4), 574–580. <https://doi.org/10.14710/transient.v9i4.574-580>
- Bhaskara, W. W., Sulaiman, M. A., & Eriyandi. (2024). Analisis penggunaan teknologi multi-constellation GNSS dalam sistem navigasi udara. *Jurnal Manajemen Dirgantara*, 17(1), 29–37.
- Firdaus, R. (2020). Perancangan dan implementasi sensor GPS pada sistem navigasi multirotor. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 8(1), 30–41. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v8i1.3069>
- Hanafi, I. H. (2011). Aktifitas penginderaan jauh melalui satelit di Indonesia dan pengaturannya dalam hukum ruang angkasa. *Sasi*, 17(2), 73. <https://doi.org/10.47268/sasi.v17i2.355>
- Hidayat, A. (2019). *Misteri satelit di luar angkasa*. CV. Kaaffah Learning Center.
- Hidayat, R. S. H. (2010). Pemetaan wilayah dan pengambilan data satelit sumber alam bumi dari satelit ditinjau dari hukum dirgantara. *Jurnal Analisis dan Informasi Kedirgantaraan*, 30–42. http://103.16.223.27/index.php/jurnal_ansi/article/view/515
- Khomsin, Anjasmara, I. M., & Ristanto, W. (2020). Analisis perbandingan ketelitian posisi hasil pengukuran GNSS dari kombinasi satelit GPS, GLONASS, dan BeiDou. *Geoid*, 15(1), 97. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v15i1.3913>
- Maini, A. K., & Agrawal, V. (2015). *Satellite technology: Principles and applications*. Thomson Digital.

- Octavia, R., & Fuad, Y. (2017). Analisis kestabilan sistem dinamik satelit pengamat bumi. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 3(6), 158–165.
- Omar, M. F. Z., Bookeri, M. A. M., Abdullah, M. Z. K., Harun, W. M. S. W., Bakar, B. A., Ahmad, M. T., & Ismail, R. (2023). Kaedah perataan tanah sawah berasaskan sistem satelit navigasi sejagat (GNSS). *Buletin Teknologi MARDI*, 38(1), 55–61.
- Pertiwi, R. D., Marisa, T., Firmansyah, W., Handayani, K. N., & Rusdiyana, E. (2023). Komparasi peta citra satelit dengan hasil pemetaan Desa Gendayakan melalui program Data Desa Presisi. *Warta LPM*, 26(1), 40–50. <https://doi.org/10.23917/warta.v26i1.1276>
- Rahman, A., & Triharjanto, R. H. (2013). Pengembangan teknologi satelit di Indonesia: Sistem, subsistem, dan misi operasi. IPB Press.
- Saraswati, P., Mardlijah, & Kamiran. (2017). Analisis dan kontrol optimal sistem gerak satelit menggunakan prinsip minimum Pontryagin. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), 45–50.
- Suwargana, N. (2013). Temporal dan spektral pada citra satelit Landsat, SPOT dan Ikonos. *Jurnal Ilmiah Widya*, 1(2), 167–174.
- Yusuf, D. (2017). Penginderaan jauh. Universitas Negeri Gorontalo.