

# Teknologi Kunci Wahana Peluncur Nano Satelit

**Prof. Dr. Heri Budi Wibowo**

Universitas Pertahanan, ORPA-BRIN, Fellow Researcher at NASPCI

heribw@gmail.com, heri012@brin.go.id, heri.wibowo@naspci.org

**Abstrak** — Regional navigasi satelit sistem (RNSS) adalah suatu sistem navigasi yang daya jangkauannya bersifat regional. Pemanfaatannya semakin hari semakin banyak orang menggunakan bahkan berbagai bidang hampir semuanya membutuhkan informasi navigasi. Penelitian ini mencoba mengeksplorasi sistem navigasi pada negara India yang skala jangkakunnya regional. Metoda penelitian yang digunakan adalah metode penelitian studi literatur, literatur diperoleh dari berbagai referensi yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Hasil yang diperoleh, bahwa sejarah pembangunan RNSS India bukan dibuat dalam waktu yang singkat, namun diperlukan berbagai persiapan yang membutuhkan waktu tidak sebentar. Mulai dari kajian segmen IRNSS, baik segmen darat, segmen ruang angkasa dan segmen pengguna, dipersiapkan seara mendetil dan sebaik mungkin. Berikutnya sistem referensi juga menjadi perhatian, referensi yang menentukan tata koordinat untuk keperluan koreksi atau acuan dalam berbagai aplikasi RNSS. Berikutnya masalah konstelasi satelit, berdasar kebutuhan dan kondisi akan mempengaruhi berapa jumlah satelit yang diperlukan untuk dapat mencakup area se Indonesia. Oleh karena hal tersebut analisis studi ini menjadi suatu referensi dalam rangka membangun suatu sistem navigasi yang mandiri, terlebih lagi jika dikaitkan dengan kebutuhan pertahanan dan keamanan.

**Kata Kunci:** Nano Satelit, Peluncur Roket, Satelit

## PENDAHULUAN

Perkembangan satelit sangat pesat dan telah dimanfaatkan untuk berbagai sendi kehidupan. Satelit bisa digunakan untuk observasi bumi, tatasurya, dan system komunikasi dan navigasi. Penerapan satelit secara luas digunakan untuk mitigasi bencana, ekonomi, social, politik, budaya, dan pertahanan keamanan. Penguasaan teknologi satelit dan wahana peluncurnya penting dilakukan. Perkembangan satelit saat ini sudah sangat pesat. Pola perkembangan satelit selain dari sisi aplikasi dengan meningkatkan akurasinya, juga mulai berkembang ukuran satelit. Perkembangan satelit yang sangat besar, mahal, dan lama proses pengerjaannya sudah mulai bergeser ke satelit kecil yang murah, cepat proses

pembuatannya, dan dapat dilakukan berkali-kali, seperti nano satellite. Teknologi satelit dibarengi dengan perkembangan wahana peluncur nya. Wahana peluncur roket besar dengan berat ratusan ton untuk mengangkut satelit ukuran di atas 100 kg, mulai bergeser ke arah reusable roket yang lebih murah atau roket-roket kecil yang dapat meluncurkan nano satellite dalam jumlah kecil. Penguasaan teknologi wahana perlu memilih tipe yang sesuai dengan kondisi negara sehingga dapat dipilih startegi yang tepat.

## Perkembangan Nano satelit

Satelit kecil adalah satelit dengan masa dan ukuran kecil (di bawah 1200kg). Satelit kecil dibangun untuk menurunkan biaya peluncuran dan biaya konstruksi. Satelit kecil awalnya terutama digunakan untuk kepentingan riset yang membutuhkan peluncuran berkali-kali. Perkembangan teknologi sensor saat ini, satelit kecil memiliki kemampuan yang sangat baik. Saat ini, satelit kecil seperti nanosatelit dan microsatelit tumbuh sangat pesat dengan ukuran 1-50 kg. Lebih dari 500 satelit kecil diluncurkan di Eropa pada tahun 2015-2019 dengan nilai US\$7.4 billion [1]. Satelit dibedakan menurut misi dan ukurannya. Satelit dapat dibedakan berdasarkan beratnya menjadi satelit besar (diatas 1.000kg), satelit medium (500-1000kg), satelit smallsatellite (100-500kg), microsatellite (10-100kg), nano satellite (1-10kg), dan picosatellite (kurang dari 1 kg). Nanosatelit awalnya digunakan untuk kepentingan riset karena misi-misi khusus dan sering dilakukan, sehingga dibutuhkan satelit yang murah, sering diluncurkan, dan memiliki kemampuan yang memadai. Beberapa nanosateit yang cukup dikenal adalah ExoCube, ArdoSat, SPROUT, CubeSats, SunSats, TubeSats, dan lain sebagainya. Beberapa pengembang nanosatellite yang cukup dikenal adalah EnduroSat, GomSpace, NanoAvionics, NanoSpace, Spire, Surrey Technology, NovaWurks, Daiura Aerospace, Planet Labs, Reactor, dan lain sebagainya. Nanosatellite biasa diluncurkan

Bersama-sama dengan nano satellite lain dalam bentuk satu formasi (satellite swarm) [1,2]. Perkembangan nano satellite sangat pesat. Sepanjang tahun 2021 telah diluncurkan sekitar 1600 nanosatellite. Pesatnya nanosatellite karena ukuran kecil, waktu pembuatan yang cepat, dan biaya (pembuatan dan peluncuran) relative murah. Satelit konvensional (medium-besar) membutuhkan biaya sekitar US \$ 575.000.000 per unit, sedangkanbiayapembuatan-peluncuran nanosatellite hanya mem butuhkan biaya US \$ 575.000. Nano satellite juga membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih cepat \*6-8 bulan) dibandingkan dengan satelit konvensional (1-5 tahun) [1,2].

Kemampuan nanosatellite untuk misi-misi khusus sudah sangat diandal kan dengan perkembangan sensor-sensor pendukung, khususnya untuk observasi bumi dan komunikasi radio secara detail dengan variasi radiometrik, spasial, spectra, dan resolusi temporal. Gambar cukup detail dari citra nano satellite dapat diterapkan untuk studi tanah, laut, tumbuhan, dan air tanah. Penerapan lain yang penting adalah observasi bumi,komunikasi,radio signal monitoring (mitigasi bencana), geolokasi dan logistic (pesawat, kapal, kereta, kendaraan lain), dan aplikasi iptek lainnya. Secara umum, orbit satelit sebagai daerah ketinggian satelit akan ditempatkan diklasifikasikan sebagai orbit rendah LEO (Low Earth orbit) dengan ketinggian 100-500 mil, orbit medium MEO (Medium Earth Orbit) dengan ketinggian 6000-12000 mil, dan orbit geostasioner GEO (Geostationer Earth orbit) dengan ketinggian di atas 22.240 mil [1].

## Sistem Peluncur Nanosatellite

Nanosatellite biasanya diluncurkan dalam kelompok-kelompok. Terdapat beberapa system wahana peluncur nanosatellite, yaitu sebagai piggyback payloads dari roket peluncur satelit besar, kemudian penggunaan reusable rocket yang lebih efisien 50%, dan, penggunaan microlauncher rocket untuk beberapa nanosatellite atau bahkan ada yang satu roket misinya meluncurkan satu nanosatellite (kasus khusus).

Sistem roket peluncur satelit kecil (SSLV) telah dikembangkan untuk meluncurkan satelit kecil ke orbit LEO dengan kemampuan mengangkut muatan 300-500 kg, sehingga dapat mengangkut beberapa nanosatellite

(10-50 unit). SSLV yang dikembangkan ISRO India dapat mengangkut satellite kecil yang lebih murah dan waktu peluncuran relative singkat. SSLV dikembangkan dengan biaya irit 15-305 dan dirancang oleh cukup 6-10 engineer. PSLV untuk peluncur satelit besar dikembangkan oleh lebih dari 600 engineer dengan biaya pengembangan US\$ 21 milyar dan biaya pembuatan US\$ 4.4 milyar. SSLV dapat disiapkan dalam kurang dari 1 bulan. SSLV menggunakan roket 3 stage dengan tinggi 34 meter, diameter 2 meter, dan berat 120 ton. Roket stage-1 menggunakan bahan bakar padat, sedang roket stage-2 dan stage-3 menggunakan bahan bakar cair [3].



Gambar 1. Wahana peluncur satelit  
berbagai system: a. SSLV-ISRO India. Falcon-9  
SPACE-X. c. Microlauncher SS-520 Jepang  
[3,4,5].

Perkembangan teknologi peluncur sejak tahun 2015 menjadi babak baru dengan dikembangkannya reusable rocket, dimana roket dapat dipakai ulang. Space-X mengembangkan roket Falcon yang dapat digunakan Kembali, sehingga dapat menghemat 50% dari biaya pembuatan dan peluncuran. Roket Falcon yang diluncurkan dapat memuat sampai 200 satelit kecil.

Teknologi propulsi, system control, dan material ringan-tahan panas menjadi tonggak baru dalam system peluncuran satelit secara komersial yang lebih murah.

Perkembangan roket peluncur nanosatellite dengan ukuran yang lebih kecil atau disebut microlauncher juga telah berkembang untuk eksplorasi dalam waktu yang singkat.

Beberapa roket ukuran kecil yang hanya memuat 1-10 nanosatellite. Roket berukuran kecil, murah, mudah dioperasikan, menggunakan bahan bakar roket, dan dapat dioperasikan dalam waktu relative cepat. Roket dengan ukuran kecil seperti S-520 Jepang yang dapat

mengangkut 1-5 nanosatellite sampai ke ketinggian 500 km. roket SS-520 diameter 520mm, berat 600 kg, panjang 9855mm. Roket ini dapat disiapkan dalam hitungan hari [5].

## Teknologi Kunci Wahana Peluncur Nanosatellite

Teknologi wahana peluncur nanosatellite seperti SS-520 adalah motor roket, launcher, altitude control system, ground control system, launcher, dan satellite *thruster*.

**a. Motor roket.** Motor roket sebagai penggerak roket terdapat dua type, yaitu motor roket cair dan motor roket padat. Motor roket untuk peluncur satelit biasanya betingkat, dimana untuk roket pertama atau booster menggunakan roket padat, sedang roket berikutnya dapat berupa roket padat maupun roket cair. Roket cair menggunakan bahan baku propelan cair berupa system cryogenic, semicryogenic, dan non-cryogenic. Bahan cryogenic biasanya berupa bahan oksigen cair (LOX) dengan hydrogen cair (LH2) atau metan cair (LNG) seperti yang digunakan oleh roket ares I, Saturn, dan H-II. Bahan semicryogenic seperti campuran LOX dengan kerosen (RP-1), alcohol, atau gasoline. Sistem non-cryogenic atau hypergolic yang dapat menyala tanpa bantuan penala awal seperti asamnitrat-kerosen, peroksida-kerosen, asam nitrat-hidrazin. Beberapa roket yang menggunakan system ini adalah Space-X, Voyager-I dan II. Roket cair memiliki kelebihan dapat dikontrol arahnya dengan mengatur besaran bahan bakar. Teknologi kunci dari roket cair adalah system bahan bakar cair dan storage-nya, system valve dan injeksi, serta system chamber-nya [6,7]. Motor roket padat menggunakan propelan padat. Bahan bakar roket padat biasanya propelan komposit dengan bahan baku utama oksidator ammonium perklorat,

solid fuel serbuk aluminium, dan system binder polibutadien (HTPB atau CTPB). Roket padat umumnya digunakan untuk booster atau roket pendorong awal pada ketinggian 20-40 km, kecuali system roket bertingkat yang semuanya roket padat seperti Roket SS-520. Roket padat merupakan system roket dengan teknologi yang lebih sederhana dibandingkan dengan roket cair. Teknologi kunci dari system roket padat adalah propelan, system pelapis, dan struktur. Propelan merupakan senyawa energetic yang akan menghasilkan energi pembakaran tinggi sehingga menghasilkan gaya dorong yang cukup untuk menggerakkan roket. Propelan komposit yang baik memiliki impuls spesifik tinggi (220-260 detik) dengan laju bakar moderat. Perkembangan saat ini mengarah pada penggunaan propelan smokeless yang ramah lingkungan. Struktur motor roket padat yang ringan dan kuat akan menghasilkan motor roket yang beratnya Sebagian besar adalah propelan. Motor roket yang baik memiliki berat propelan 70-90% dari total berat motor roket. Penggunaan sistem insulasi thermal digunakan untuk meredam panas yang dihasilkan dari pembakaran propelan sehingga suhu di dinding tabung tidak terlalu tinggi. Pengembangan material EPDM sebagai insulasi thermal yang mampu meredam panas, kelenturan yang baik, dan cukup tipis saat ini menjadi teknologi penting juga [8,9,10].

- b. **ACS (Altitude Control System).** ACS adalah suatu *system* untuk mengetahui posisi roket, melepaskan roket bertingkat beri kutnya (separasi), atau meluncurkan muatan atau satelit. ACS biasa nya terdiri dari perangkat sensor, system telemetry, dan system pelepasan muatan atau pelepasan roket bertingkat berikut nya. Sistem telemetri model lama menggunakan radio RF menggunakan frekuensi tinggi. Perkembangan saat ini menggunakan GPS (*Global Positioning System*) yang lebih akurat dan membutuhkan perangkat yang lebih ringkas. Teknologi GPS menjadi teknologi kunci dalam pengembangan ACS karena harus menggunakan GPS spesifikasi khusus, dapat melewati percepatan di atas 4G, kecepatan di atas 1 Mach, dan ketinggian di atas 20 km (persyaratan GPS komersial) [11,12].
- c. **Ground Segment.** Untuk roket yang besar dibutuhkan system peluncur yang penting, meliputi system rangka peluncur roket, system penyalaan, dan komando control. Beberapa system peluncur menggunakan rangka terbuka, beberapa system peluncur menggunakan kubah. Teknologi control dan firing saat ini sudah berkembang maju.
- d. **Satellite thruster.** Sistem satellite thruster adalah suatu motor kecil untuk mengarahkan satelit ke orbitnya kemudian melepaskan diri. Terdapat beberapa system penggerak berbasis gas, mono propelan padat, propelan cair, maupun elektrik. Teknologi kunci yang diperlukan adaah system kendali yang akan mengarahkan satelit, sensor posisi, dan system propulsi [13,14,15].

## Perkembangan Sistem Peluncur Satelit di Indonesia

Indonesia akan membangun bandar antariksa di Biak yang di perkirakan akan beroperasi tahun 2040, sebagai tindak lanjut dari Undang-Undang No 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan dan PerPres No 45 tahun 2017 tentang Rencana Induk Keantariksaan. Selain pembangunan bandar antariksa, Indonesia juga akan mem bangun system wahana peluncur satelit kecil atau nanosatellite di Biak dalam rangka penguasaan system peluncur satelit kecil. Untuk melaksanakan tersebut sedang disusun Peraturan Pemerintah tentang penguasaan teknologi dan peraturan Pemerintah tentang pembangunan Bandar Antariksa di Biak. Pembangunan system peluncur nano satelit diperlukan dalam rangka penguasaan teknologi peluncur satelit dan pengembangan satelit-satelit untuk riset. Model yang cocok untuk pembangunan wahana peluncur nanosatelit adalah system microlauncher seperti roket SS-520 berupa roket padat bertingkat yang dapat meluncurkan 1-10 nanosatellite sekali peluncuran.

Terdapat beberapa scenario penguasaan teknologi wahana peluncur nanosatellite di Indonesia, meliputi riset mandiri, kerjasama riset dengan mitra luar negeri, dan alih teknologi. Untuk menjalankan semua scenario yang dimungkinkan, maka perlu diidentifikasi kemampuan wahana peluncur yang ada di Indonesia saat ini. Teknologi roket adalah teknologi strategis, sensitive, dan bersifat dual use atau dapat dipergunakan untuk kepentingan sipil maupun militer. Alih teknologi dari negara maju yang menguasai teknologi roket sangat sulit. Beberapa batasan telah dilakukan oleh negara maju melalui MTCR (military Technology Control Regime) yang membatasi alih teknologi roket yang dapat dipergunakan dek struktif terhadap negara lain. Dalam MTCR, pengembangan teknologi roket atau wahana peluncur yang berdaya jangkau 200 km atau mampu membawa muatan sebanyak 500 kg dilarang. Selain itu, pembatasan terhadap pemanfaatan teknologi sensor melalui COCOM, seperti peralatan GPS dengan

ketinggian, percepatan, dan kecepatan yang ditentukan. Riset Teknologi roket dan satelit di Indonesia selama ini dilakukan oleh LAPAN yang kemudian dilebur menjadi BRIN sejak tahun 2021. Riset penguasaan teknologi roket pengorbit nanosatellite dilakukan ber basis roket padat Sonda bertingkat RX-450 dan RX-550. Sampai saat ini, kemampuan roket Sonda Indonesia adalah RX-450. Beberapa teknologi kunci yang perlu dikuasai adalah teknologi motor roket, system control, dan telemetri. Untuk Teknologi motor roket banyak teknologi kunci yang perlu dikuasai, meliputi: propelan, struktur ringan, dan propulsi. Teknologi propelan yang diperlukan untuk motor roket RX-50 dan RX-550 adalah mixer ukuran besar (600L) dan bahan baku propelan yang kualitasnya terjaga dan menghasilkan impuls spesifik tinggi (di atas 240 detik). Sampai saat ini, propelan yang dihasilkan memiliki Isp 220 detik. Berat jenis propelan biasanya di atas 1,7 g/cm<sup>3</sup>. Teknologi struktur yang ringan dan kuat diperlukan agar motor roket membutuhkan struktur yang ringan, sehingga motor roket dapat memuat bahan bakar semaksimal mungkin. Idealnya, rasio propelan terhadap berat motor roket agar efisiensinya tinggi adalah 80-90%. Motor Roket RX-450 saat ini memiliki rasio 45-55%.

Pengembangan material struktur perlu ditingkatkan. Roket SS-520 dengan 3 tingkat mampu mencapai ketinggian 500 km dengan muatan satelit 10-50 kg. Oleh karena itu, riset bersama atau alih teknologi propelan dan struktur perlu dilakukan secara massif dan intensif. Kolaborasi riset dalam negeri

## KESIMPULAN

Penguasaan wahana peluncur nanosatelit penting dalam rangka penguasaan teknologi antariksa yang diamanatkan undang-undang dan dalam rangka mendorong penguasaan keantariksaan untuk kemajuan bangsa. Tipe wahana peluncur yang cocok dikembangkan adalah single microlauncher dengan roket padat bertingkat. Teknologi kunci wahana peluncur

dengan system era BRIN yang menyatukan semua laboratorium-laboratorium sains dan teknologi diharapkan dapat mempercepat pencapaian riset tersebut [18]. Penguasaan teknologi control dan telemetri untuk mengetahui lajur dan posisi roket juga telah dilakukan dengan riset telemetri berbasis GPS dan radio RF. Perkembangan riset GPS diperlukan Kerjasama dengan luar negeri karena GPS komersial dibatasi kemampuannya hanya dapat bekerja pada percepatan di bawah 4G, kecepatan di bawah 1 Mach, dan ketinggian di bawah 20 km. Roket RX-450 atau RX-550 didesain beroperasi pada percepatan di atas 4 G, kecepatan di atas 2 Mach, dan ketinggian di atas 20 km. Pengembangan system telemetri berbasis frekuensi RF sudah mulai ditinggalkan oleh negara-negara maju [19,20].

Teknologi sensor untuk mengetahui kondisi sekitar roket pada ketinggian yang diperlukan belum dikembangkan di Indonesia. Demikian pula teknologi propulsi untuk menggerakkan satelit ke orbit. Kebutuhan teknologi kunci tersebut diperlukan persyaratan kemampuan roket untuk sampai ketinggian minimal 200km. Kerjasama riset dalam negeri telah dilakukan antar unit riset dan perguruan tinggi. Beberapa Kerjasama riset telah dilakukan dengan negara-negara maju seperti Jepang dan China. Kebijakan alih teknologi dan penguasaan teknologi keantariksaan diperlukan untuk menjamin kepada negara maju bahwa teknologi roket yang sensitive dijamin negara hanya untuk kepentingan damai.

yang perlu dikuasai adalah teknologi motor roket, system telemetri dengan GPS, micro thruster, dan sensor. Teknologi roket yang perlu dikuasai adalah mixer 600L, propelan dengan Isp di atas 240 detik, struktur motor ringan dengan rasio propelan/motor 80-90%. Penguasaan teknologi peluncur perlu dilakukan secara simultan antara kolaborasi

riset dalam negeri, riset Bersama dengan negara maju, dan alih teknologi. Kebijakan

alih teknologi dan penguasaan teknologi keantariksaan sangat diperlukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Davis, M., 2021, Nanosatellites are the Future of Satellites: Earth Observation Now Smaller, Cheaper Than Ever, , 13 Oktober 2021, 10:25 PM.
- Bille, M. and Hunsaker, T., 2013, Nanosat Launch Vehicle: A Global Perspective and Business Case, Conference AIAA Space 2013.
- Wikipedia, 2022, SmallSatellite Launch Vehicle, [https://en.wikipedia.org/wiki/Small\\_Satellite\\_Launch\\_Vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Small_Satellite_Launch_Vehicle), 11:15, 8/19/2022.
- Wikipedia, 2022, <https://id.wikipedia.org/wiki/SpaceX#:~:text=Perusahaan%20ini%20didirikan%20pada%20tanggal,kini%20beroperasi%20di%20Hawthorne%2C%20California>.
- [https://www.google.com/search?q=S520+rocket&rlz=1C1CHBF\\_enID992ID992&oq=S520+&aqs=chrome.69i59j69i57j0i19l8.4690j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#imgrc=0bdSzR4Cx\\_VbjM](https://www.google.com/search?q=S520+rocket&rlz=1C1CHBF_enID992ID992&oq=S520+&aqs=chrome.69i59j69i57j0i19l8.4690j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#imgrc=0bdSzR4Cx_VbjM).
- Hakim, A.N., 2018, Analisis Kinerja Enjin Roket Cair ECX1000H2-3, Jurnal Teknologi Dirgantara, 16(1):9.
- Mishra, D.P., 2017, Fundamentals of rocket Propulsion, CRC Press, France.
- Haviucu, M.O. and Kirkkopru, K., 2016, Numerical Simulation of Flow in a Solid Rocket Motor: Combustion Coupled with Regressive Boundary, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST) ISSN: 3159-0040 Vol. 3 Issue 1, January - 201.
- Dumont, D., 2012, Variations of Solid Rocket Motor Preliminary Design for Small TSTO launcher, Space Propulsion 2012 - ID 2394102, 1-11
- Trudeau, A.J.M.H.D., 1993, Solid rocket motor space launch vehicles, Acta Astronautica Volume 30, July 1993, Pages 165-172.
- Abrahmsson, P., 2003, Combined Platform for Boost Guidance and Attitude Control for Sounding Rockets, <http://www.ep.liu.se/exjobb/isy/2004/3479/>
- Alain G. de Souza, Luiz C. G. de Souza, "Satellite Attitude Control System Design Taking into Account the Fuel Slosh and Flexible Dynamics", Mathematical Problems in Engineering, vol. 2014, Article ID 820586, 8 pages, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/820586>
- Thales, 2021, Propulsion systems or devices for satellites, <https://www.thalesgroup.com/en/propulsion-systems-or-devices-satellites>
- DeSantis, Dylan, 2014, Satellite Thruster Propulsion- H2O2 Bipropellant Comparison with Existing Alternatives, JOUR.
- Olatoyinbo, S.F. and Sobowale, A., 2022, An Overview of Satellite Propulsion Systems, Conference: Annual Technical Meeting of the Advanced Aerospace Engines Laboratory At: Oka-Akoko, Ondo State, Nigeria Affiliation: National Space Research and Development Agency, DOI:10.13140/RG.2.2.17947.95527
- Wibowo, H.B., 2018, Current solid propellant research and development in Indonesia and its future direction, Journal of Physics: Conference Series, 1130 (1)

LAPAN, 2022, LAPAN Uji Terbang Roket RX-450-5, Ini Hasilnya, <https://www.lapan.go.id/post/6746/lapan-uji-terbang-roket-rx4505-ini-hasilnya>, 18 Agustus 2022, 10:22.

Djarmiko, A.B., Ibadi, M., Rahmasari, F., 2020, Perancangan Tabung Motor Roket Rx 450 Lapan Akibat Laju Perpindahan Panas

Dan Tekanan, 2020: Prosiding AVoER XII Tahun 2020.

Widada, W. and Kliwati, S., 2020, Analysis of GPS antenna visibility for rocket using SDR, AIP Conference Proceedings 2226(1):030003, DOI:10.1063/5.0003441.