

**IMPLEMENTASI STRATEGI DEORBIT MEGAKONSTELASI SATELIT
STARLINK DALAM MITIGASI DAMPAK SAMPAH ANTARIKSA**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains program studi fisika kelompok bidang kajian fisika antariksa dan energi tinggi

Oleh:

Devi Siska Pitriya. S

2100081

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

**IMPLEMENTASI STRATEGI DEORBIT MEGAKONSTELASI SATELIT
STARLINK DALAM MITIGASI DAMPAK SAMPAH ANTARIKSA**

Oleh:
Devi Siska Pitriya.S

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika
FPMIPA UPI

©Devi Siska Pitriya.S
Universitas Pendidikan Indonesia
2025

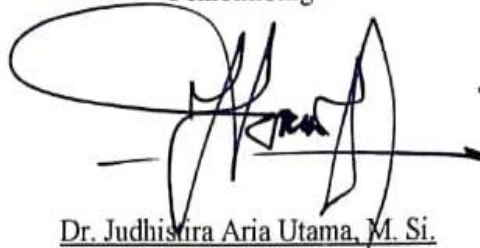
Hak Cipta dilindungi undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, di foto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

DEVI SISKAPITRIYA. S
IMPLEMENTASI STRATEGI DEORBIT MEGA KONSTELASI SATELIT
STARLINK DALAM MITIGASI DAMPAK SAMPAH ANTARIKSA

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. Judhisira Aria Utama, M. Si.

NIP. 197703312008121001

Pembimbing II



Dr. Abdul Rachman, M. Si

NIP. 197411292005011003

Mengetahui

Ketua Program Studi Fisika



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi Strategi Deorbit Megakonstelasi Satelit Starlink dalam Mitigasi Dampak Sampah Antariksa” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya seni saya ini.

Bandung, 30 Juni 2025

Yang membuat pernyataan,

Devi Siska Pitriya.S

NIM. 2100081

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Alloh SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Implementasi Strategi Deorbit Megakonstelasi Satelit Starlink dalam Mitigasi Dampak Sampah Antariksa”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi umat manusia. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program studi Fisika jenjang Sarjana di Universitas Pendidikan Indonesia.

Penyusunan skripsi ini merupakan perjalanan intelektual yang tidak hanya menuntut pemahaman teoritis dan kemampuan analisis, tetapi juga ketekunan, kerja keras, dan dedikasi yang tinggi. Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada berbagai pihak terutama Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si. dan Dr. Abdul Rachman M.Si. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bantuan dan dukungan dalam berbagai bentuk sehingga penulis mampu menyelesaikan tulisan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih memiliki banyak keterbatasan, baik dari segi ruang lingkup pembahasan maupun kedalaman analisis. Oleh karena itu penulis membuka diri terhadap segala bentuk kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan pengembangan keilmuan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik sebagai referensi ilmiah maupun sebagai kontribusi awal dalam kajian mitigasi sampah antariksa yang semakin relevan dengan perkembangan teknologi satelit modern.

Bandung, Mei 2025

Penulis

Devi Siska Pitriya. S

NIM 2100081

IMPLEMENTASI STRATEGI DEORBIT MEGAKONSTELASI SATELIT STARLINK DALAM MITIGASI DAMPAK SAMPAH ANTARIKSA

DEVI SISKAPITRIYA.S

Pembimbing I : Dr. Judhistira Aria Utama, M. Si

Pembimbing II : Dr. Abdul Rachman M. Si

ABSTRAK

Pertumbuhan megakonstelasi satelit Starlink telah memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan jumlah objek di orbit rendah Bumi (LEO) yang turut memperparah akumulasi sampah antariksa dan meningkatkan risiko tabrakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji implementasi strategi deorbit yang diterapkan oleh SpaceX dalam pengelolaan akhir masa operasional satelit Starlink sebagai bagian dari upaya mitigasi sampah antariksa. Kajian dilakukan melalui analisis desain teknis deorbit SpaceX dan evaluasi data peluncuran serta deorbit satelit berdasarkan data historis yang diperoleh dari sumber pelacakan satelit dan arsip misi periode tahun 2019 hingga awal tahun 2025. Hasil analisis menunjukkan bahwa strategi deorbit Starlink dilakukan secara aktif melalui sistem propulsi *Hall Effect Thruster*, manuver otomatis, serta kebijakan penghentian misi secara terkontrol. Namun, hasil juga menunjukkan bahwa meskipun strategi deorbit telah diimplementasikan secara konsisten, terdapat faktor eksternal seperti aktivitas matahari dan kendala teknis yang memengaruhi efektivitas deorbit. Secara teoritis, tanpa intervensi aktif jumlah satelit yang beralih dari status aktif ke nonaktif diperkirakan sekitar 16 satelit pertahun dengan populasi nonaktif stabil mencapai 80 unit. Namun, berdasarkan data aktual, sebanyak 961 satelit telah dideorbitkan dalam tujuh tahun terakhir dengan rata-rata 137 satelit pertahun, angka ini menunjukkan pelaksanaan strategi deorbit aktif yang konsisten dan jauh lebih efektif dibandingkan skenario pasif. Penelitian ini menegaskan bahwa strategi deorbit aktif memiliki potensi untuk mengurangi kepadatan orbit dan risiko tabrakan, namun tetap memerlukan peningkatan sistem pengawasan dan koordinasi global untuk memastikan keberlanjutan lingkungan antariksa jangka panjang.

Kata Kunci: Starlink, deorbit, mitigasi, sampah antariksa, orbit rendah Bumi

v

Devi Siska Pitriya. S, 2025

IMPLEMENTASI STRATEGI DEORBIT MEGAKONSTELASI SATELIT STARLINK DALAM MITIGASI DAMPAK
SAMPAH ANTARIKSA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

IMPLEMENTATION OF THE DEORBIT STRATEGY FOR THE STARLINK SATELLITE MEGACONSTELLATION IN MITIGATING THE IMPACT OF SPACE DEBRIS

DEVI SISKAPITRIYA.S

Advisor I : Dr. Judhistira Aria Utama, M. Si

Advisor II : Dr. Abdul Rachman M. Si

ABSTRACT

The growth of the Starlink satellite megaconstellation has significantly contributed to the increase in the number of objects in low Earth orbit (LEO), exacerbating the accumulation of space debris and increasing the risk of collisions. This research aims to examine the implementation of deorbit strategies applied by SpaceX in the end-of-life management of Starlink satellites as part of efforts to mitigate space debris. The study is conducted through the analysis of SpaceX's technical deorbit design and the evaluation of satellite launch and deorbit data based on historical data obtained from satellite tracking sources and mission archives from the period of 2019 to early 2025. The analysis results show that the Starlink deorbit strategy is actively carried out through the Hall Effect Thruster propulsion system, automatic manoeuvres, and controlled mission termination policies. However, the results also show that although the deorbit strategy has been consistently implemented, there are external factors such as solar activity and technical constraints that affect the effectiveness of the deorbit. Theoretically, without active intervention, the number of satellites transitioning from active to inactive status is estimated to be around 16 satellites per year, with a stable inactive population reaching 80 units. However, based on actual data, 961 satellites have been deorbited in the past seven years, averaging 137 satellites per year. This figure indicates the consistent implementation of an active deorbit strategy, which is far more effective than a passive scenario. This research emphasizes that an active deorbit strategy has the potential to reduce orbital congestion and collision risks, but still requires improvements in global monitoring and coordination systems to ensure the long-term sustainability of the space environment.

Keywords: Starlink, deorbit, mitigation, space debris, low Earth orbit

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sampah Antariksa.....	6
2.1.1 Pengertian Sampah Antariksa	6
2.1.2 Sumber Utama Sampah Antariksa di <i>Low Earth Orbit</i> (LEO).....	9
2.1.3 Dampak Sampah Antariksa Terhadap Orbit Bumi	11
2.2 Orbit Bumi dan Karakteristik Orbit LEO	12
2.2.1 Pengertian Orbit Bumi	13
2.2.2 Klasifikasi Orbit (LEO, MEO, GEO)	14
2.3 Dinamika Orbital Satelit di Orbit Rendah Bumi	16
2.3.1 Definisi Dinamika Orbital.....	16
2.3.2 Model Dasar Gerakan Orbit	17
2.4 Megakonstelasi Satelit.....	20
2.4.1 Pengertian Megakonstelasi Satelit	20
2.4.2 Proyek Megakonstelasi Satelit	22
2.4.3 Pertumbuhan Jumlah Satelit di LEO akibat Megakonstelasi Satelit....	25
2.5 Proyek Satelit Starlink.....	27
2.5.1 Latar Belakang dan Tujuan Proyek Starlink	27
2.5.2. Spesifikasi Teknis Satelit Starlink	28

2.6 Strategi Deorbit pada Satelit Stalink	32
2.7 Desain Satelit Starlink.....	35
BAB III METODE PENELITIAN.....	37
3.1 Pendekatan Penelitian.....	37
3.2 Pengambilan data.....	37
3.3 Data Penelitian	38
3.4 Pengolahan Data.....	39
3.5 Tahapan Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Implementasi Strategi Deorbit Satelit Starlink oleh SpaceX	45
4.1.1 Pola Peluruhan Orbit Satelit Starlink	45
4.1.2 Perubahan Ketinggian Orbit Berdasarkan Batch Peluncuran	46
4.1.3 Ringkasan Hasil Analisis Perubahan Orbit	66
4.1.4 Visualisasi Komparatif Perubahan Orbit Antar <i>Batch</i>	68
4.1.5 Tren Jumlah Deorbit Satelit Starlink Per tahun 2019 – 2025	70
4.1.7 Evaluasi Implementasi Strategi Deorbit	75
4.1.8 Dampak Implementasi Deorbit terhadap Lingkungan Orbit	75
4.2 Kesesuaian Implementasi strategi deorbit dengan desain teknis.....	77
4.2.1 Perbandingan Desain Strategi Deorbit SpaceX dengan Hasil Analisis....	78
4.3 Analisis Faktor yang Memengaruhi Efektivitas Strategi Deorbit	79
4.3.1 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Tren Deorbit.....	79
4.3.2 Tren Jumlah Satelit Deorbit Per tahun	80
4.3.3 Tren Pertumbuhan Satelit Starlink Aktif per Tahun Peluncuran.....	81
4.3.4 Tren Umur Operasional Satelit Starlink Berdasarkan Waktu Peluncuran.....	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lebih dari 46.000 Pecahan Sampah Luar Angkasa yang lebarnya lebih dari 4 inci kini mengacaukan orbit Bumi (https://www.space.com).....	7
Gambar 2. 2 Peluncuran Satelit aktual dan perkiraan per tahun (NATO,2020, hlm 80)	9
Gambar 2. 3 Massa mempengaruhi benda – benda yang mengorbit (https://www.esa.int).....	13
Gambar 2. 4 Orbit Rendah Bumi (https://www.esa.int).....	14
Gambar 2. 5 Konstelasi Galileo untuk Navigasi (https://www.esa.int)	15
Gambar 2. 6 Orbit Stasioner (https://www.esa.int).....	16
Gambar 2. 7 Rincian teknis 3 Megakonstelasi hingga Desember 2023.....	24
Gambar 2. 8 Starlink User Terminal Models and Hardware Revisions- June 2024 (https://www.linkedin.com/posts/timbelfall_starlink-activity).....	35
Gambar 2. 9 Satelit Starlink v0.9, v1.0, dan v1.5 (https://space.skyrocket.de)....	36
Gambar 2. 10 Satelit Starlink v2.0 mini (https://space.skyrocket.de)	36
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	43
Gambar 4. 1 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Awal Tahun 2019.....	46
Gambar 4. 2 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Akhir Tahun 2019.....	47
Gambar 4. 3 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Awal Tahun 2020.....	49
Gambar 4. 4 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Akhir Tahun 2020.....	51
Gambar 4. 5 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Awal Tahun 2021.....	53
Gambar 4. 6 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Akhir Tahun 2021.....	54
Gambar 4. 7 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Awal Tahun 2022.....	55

Gambar 4. 8 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Akhir Tahun 2022.....	57
Gambar 4. 9 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Awal Tahun 2023.....	58
Gambar 4. 10 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Akhir Tahun 2023.....	60
Gambar 4. 11 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Awal Tahun 2024.....	61
Gambar 4. 12 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Akhir Tahun 2024.....	63
Gambar 4. 13 Perubahan Ketinggian Orbit satelit Starlink yang diluncurkan Awal Tahun 2025.....	65
Gambar 4. 14 Perubahan Ketinggian Antar Batch.....	69
Gambar 4. 15 Perkembangan Siklus Matahari.....	70
Gambar 4. 16 Kurva Peluruhan Eksponensial Jumlah Satelit Aktif Starlink terhadap Waktu	73
Gambar 4. 17 Tren Deorbit Satelit Starlink	80
Gambar 4. 18 Tren Deorbit Satelit Starlink	82
Gambar 4. 19 Tren Usia Satelit Starlink Berdasarkan Waktu Peluncuran	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Konstelasi Starlink Diluncurkan (https://www.eoportal.org)	28
Tabel 2. 2 Parameter Orbit Representatif Satelit Starlink.....	31
Tabel 2. 3 Perbedaan Dimensi Fisik dan Spesifikasi Fungsional	36
Tabel 4. 1 Data Jumlah Deorbit Satelit Starlink Tahun	71
Tabel 4. 2 Perbandingan Desain Deorbit SpaceX dengan Hasil Analisis:.....	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Script Phyton Analisis Satelit Starlink	93
Lampiran 2 Tabel Laju Peluruhan Satelit Starlink.....	96

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Kilowasid, L. O. M. M., Fakhurroja, H., Neflia, Rachman, A., Husin, A., & Fathoni, H. (2025). How geomagnetic storms affect the loss of Starlink satellites in February 2022? *Earth, Planets and Space*, 77(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02124-2>
- Ansys. (2024, October 17). What is Propulsion. Ansys Inc. <https://www.ansys.com/simulation-topics/what-is-propulsion> [Diakses 25 April 2025]
- Baruah, Y., Roy, S., Sinha, S., Palmerio, E., Pal, S., Oliveira, D. M., & Nandy, D. (2024). The Loss of Starlink Satellites in February 2022: How Moderate Geomagnetic Storms Can Adversely Affect Assets in Low-Earth Orbit. *Space Weather*, 22(4). <https://doi.org/10.1029/2023SW003716>
- Bernat, P. (2020). Orbital Satellite Constellations and the Growing Threat of Kessler Syndrome in the Lower Earth Orbit. *Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych*, 4(4), 277–290. <https://doi.org/10.37105/iboa.94>
- Boley, A. C., & Byers, M. (2021). Satellite mega-constellations create risks in Low Earth Orbit, the atmosphere and on Earth. *Scientific Reports*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89909-7>
- Coffey, S. L., A. Deprit, and E. Deprit (1994). Frozen orbits for satellites close to an Earth-like planet. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 1(59), 37–72. DOI: 10.1007/BF00691970
- Curtis, H. D. (2020). *Orbital Mechanics for Engineering Students: Revised reprint*. Butterworth-Heinemann.
- Davenhall, C. (1991). Database applications in Starlink. In *Astrophysics and Space Science Library* (pp. 165–178). *Springer Netherlands*. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3250-3_18

- Earth Observation Mission. (2024). Starlink satellite constellation. eoPortal. <https://www.eoportal.org/satellite-missions/starlink#starlink-satellite-constellation-of-space>
- European Space Agency (ESA). (2023). Space Debris by the Numbers. Retrieved from https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/ [25 Oktober 2024]
- Fortescue, P., Swinerd, G., & Stark, J. (2011). *Spacecraft Systems Engineering*. John Wiley & Sons.
- Hsu, J. (2024). SpaceX tweaks Starlink to save radio astronomy from satellites. *New Scientist*, 263(3506), 15. [https://doi.org/10.1016/s0262-4079\(24\)01555-0](https://doi.org/10.1016/s0262-4079(24)01555-0)
- JAXA. (2016). JAXA | Japan Aerospace Exploration Agency. https://global.jaxa.jp/press/2016/04/20160428_hitomi.html [Di akses 8 Juli 2025]
- Kataoka, R., Shiota, D., Fujiwara, H., Jin, H., Tao, C., Shinagawa, H., & Miyoshi, Y. (2022). Unexpected space weather causing the reentry of 38 Starlink satellites in February 2022. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 12(31), 0–9. <https://doi.org/10.1051/swsc/2022034>
- Kessler, D. J., & Cour-palais, B. G. (1978). *Was Observed*. 83(8), 918–924.
- Loughran, J. (2024, February 14). Starlink to deorbit 100 satellites as design flaw is identified. *Engineering and Technology Magazine*. https://eandt.theiet.org/2024/02/14/starlink-deorbit-100-satellites-design-flaw-identified?utm_source [Diakses 1 Mei 2025]
- Montenbruck, O., & Gill, E. (2012). *Satellite orbits: Models, methods and applications*. Springer Science & Business Media.
- Mróz, P., Otarola, A., Prince, T. A., Dekany, R., Duev, D. A., Graham, M. J., Groom, S. L., Masci, F. J., & Medford, M. S. (2022). Impact of the SpaceX Starlink Satellites on the Zwicky Transient Facility Survey

- Observations. *The Astrophysical Journal Letters*, 924(2), L30.
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac470a>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2022). What is Space Debris? NASA's Orbital Debris Program Office. Retrieved from <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov> [25 Oktober 2024]
- Nicholas, J. (2009). *The collision of iridium 33 and cosmos 2251: The shape of things to come*. NASA Technical Reports Server (NTRS).
<https://ntrs.nasa.gov/citations/20100002023>
- Nicolls, M. (2025). Starlink Satellite Demisability.https://www.starlink.com/public-files/Starlink_Approach_to_Satellite_Demisability.pdf (diakses 27 April 2025)
- Noel, J. (2024, July 27). A place in space- mentorship and the next generation. *Aiaa Aviation Forum And Ascend 2024*. <https://doi.org/10.2514/6.2024-4904>
- Osoro, O. B., Oughton, E. J., Wilson, A. R., & Rao, A. (2023). Sustainability assessment of Low Earth Orbit (LEO) satellite broadband megaconstellations. *Astrophysics: Earth and Planetary Astrophysics*, 1–28.
- Oughton, E., Osoro, B., Wilson, A., & Rao, A. (2023). Sustainability assessment of Low Earth Orbit (LEO) satellite broadband mega-constellations. *Springer Science and Business Media LLC*.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3325730/v1>
- Pardini, C., & Anselmo, L. (2021). Evaluating the impact of space activities in low earth orbit. *Acta Astronautica*, 184(November 2020), 11–22.
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.03.030>

- Pultarova, T., Mann, A., & Dobrijevic, D. (2022, April 14). Starlink satellites: Facts, tracking and impact on astronomy. *Space*. <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html>
- Ren, S., Yang, X., Wang, R., Liu, S., & Sun, X. (2021). The interaction between the LEO satellite constellation and the space debris environment. *Applied Sciences* (Switzerland), 11(20). <https://doi.org/10.3390/app11209490>
- Ruan, Y., Hu, M., Yun, C., Xue, W., Huang, G., & Gao, Z. (2023). *Collision risk analysis of mega constellations in low Earth orbit*. Research Square.
- Runnels, M. B. (2023). On Who Should Pay When Orbital Debris “Trickles-Down” in a Tragedy of the Low Earth Orbit Commons. In *Journal of Air Law and Commerce* (Vol. 88, Issue 4). <https://doi.org/10.25172/jalc.88.4.3>
- Science, N., & Organization, T. (2020). *Science & Technology Trends*.
- Seeber, G. (2008). *Satellite geodesy: Foundations, methods, and applications*. Walter de Gruyter.
- Shaengchart, Y., & Kraiwanit, T. (2024). The SpaceX Starlink Satellite Project: Business strategies and perspectives. *Corporate and Business Strategy Review*, 5(1), 30–37. <https://doi.org/10.22495/cbsrv5i1art3>
- SnoBlox-Snojax. (2025). *SataMount screw-down Starlink satellite dish mount*. SnoBlox-Snojax. <https://snoblox-snojax.com/products/satamount-screw-down-satellite-dish-mount-starlink-compatible.html> [diakses 12 Juni 2025]
- SpaceX successfully launches first private ISS resupply mission. (2012). Physics Today, 2012(10). <https://doi.org/10.1063/pt.5.026420>
- Starlink satellite constellation. (n.d.). eoPortal. Retrieved April 25, 2025, from <https://www.eoportal.org/satellite-missions/starlink#launches->
- Starlink. (n.d.). Starlink. Retrieved April 26, 2025, from <https://www.starlink.com/id/technology>

- Sugianto, C. P. (2022, November 8). Jenis Orbit satelit buatan: LEO, MEO, GEO, & HEO. Mandiriweb.Com. <https://mandiriweb.com/jenis-orbit-satelit-buatan/>
- Tewari, A. (2020). *Foundations of Space Dynamics*. John Wiley & Sons.
- Types of orbits. (n.d.). Types of Orbits. Retrieved April 23, 2025, from https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits
- U.S. Government Accountability Office - GAO-22-105166. <https://www.gao.gov/products/gao-22-105166> [27 Oktober 2024]
- Utama, J. A., Mukharradi, F., Riza, L.S., & Hidayat, T. (2020). Estimasi Kelimpahan Keadaan Tunak Populasi Asteroid Dekat-Matahari. *Jurnal Sains Dirgantara*, Vol. 17 No (2597–7873). <https://doi.org/10.30536/j.jsd.2020.v17.a3264>
- Vallado, D. A. (1991). Methods of astrodynamics, a computer approach. *Defense Technical Information Center*. <https://doi.org/10.21236/ada239662>
- Vallado, D. A. (1997). *Fundamentals of Astrodynamics and Applications*, 4th edition. Microcosm Press, Hawthorne, CA.
- Vallado, D. A. (2001). *Fundamentals of astrodynamics and applications*. Springer Science & Business Media.
- Wertz, J. R. (1992). Space mission geometry. In *Space Mission Analysis and Design* (pp. 93–127). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2692-2_5
- Yuraszeck, R. I., Silver, J., Mell, R., & Diatzikis, D. (2025, January 3). Design and testing of HALL-E undergraduate hall effect thruster. AIAA SCITECH 2025 Forum. <https://doi.org/10.2514/6.2025-0063>

Zhang, Y., Li, B., Liu, H., & Sang, J. (2022). An analysis of close approaches and probability of collisions between LEO resident space objects and mega constellations. *Geo-Spatial Information Science*, 25(1), 104–120. <https://doi.org/10.1080/10095020.2022.2031313>