

Studi Rancang Bangun Sistem Telekomunikasi Berbasis Konstelasi Satelit LEO Untuk Wilayah Indonesia

Cahyadi Septian Pontoh Besar¹,

¹Fakultas Teknik Telekomunikasi Dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

17101131@ittelkom-pwt.ac.id

Received 08 Juni 2022 | Revised 19 September 2022 | Accepted 26 September 2022

ABSTRAK

Walaupun cakupan *footprint* beberapa satelit telekomunikasi geostasioner yang dioperasikan operator telekomunikasi Indonesia sudah meliputi seluruh luas wilayah Indonesia secara sempurna, akan tetapi tetap saja konektivitas sebagian populasi masyarakat di Indonesia belum terakomodasi, terutama wilayah terpencil dan/atau pulau-pulau kecil. Alasan kapasitas satelit nasional yang sudah penuh adalah sebab Pemerintah c.q. Kominfo menyewa satelit asing untuk penambahan kapasitas penyediaan layanan satelit komunikasi agar konektivitas sebagian populasi masyarakat bisa dipenuhi. Solusi alternatif mengatasi kekurangan konektivitas dan kapasitas tersebut adalah diversifikasi sistem komunikasi satelit di orbit LEO selain satelit di orbit GEO. Alasannya karena biaya investasi konstelasi satelit LEO lebih rendah dibanding satelit GEO, selain harga *end-user* terminalnya juga lebih kecil dan murah, selain itu keunggulan berupa delay propagasi yang rendah dan daya transmisi yang lebih rendah. Studi perancangan simulasi konstelasi satelit LEO untuk menambah konektivitas dan kapasitas satelit nasional digagas untuk populasi masyarakat tadi saja. Harapannya konstelasi satelit LEO dapat menyediakan konektivitas berupa layanan internet bagi populasi masyarakat yang kepadatan penduduknya (*user density*) 500 – 1000 orang per-km persegi dan wilayah terpilih adalah pulau-pulau kecil di wilayah Timur Indonesia.

Kata kunci: konektivitas, konstelasi satelit LEO, user density, simulasi.

*Although the footprint coverage of several geostationary telecommunications satellites operated by Indonesian telecommunications operators has covered the entire area of Indonesia perfectly, the connectivity of a part of the population in Indonesia has not been accommodated, especially in remote areas and/or small islands. The reason the national satellite capacity is already full is that the Government c.q. Kominfo rents foreign satellites to increase the capacity of providing communication satellite services so that the connectivity of part of the population can be fulfilled. An alternative solution to overcome the lack of connectivity and capacity is the diversification of the satellite communication system in the LEO orbit apart from the satellites in the GEO orbit. The reason is that the investment cost of the LEO satellite constellation is lower than that of the GEO satellite, the end-user terminal price is also smaller and cheaper, besides the advantages of low propagation delay and lower transmission power. The study on the design of the LEO satellite constellation simulation design to increase connectivity and national satellite capacity was initiated for the population of the community. It is hoped that the LEO satellite constellation can provide connectivity in the form of internet services for people whose population density (*user density*) is 500 – 1000 people per square km and the selected areas are small islands in Eastern Indonesia.*

Keywords: connectivity, LEO satellite constellation, user density, simulation.

I. PENDAHULUAN

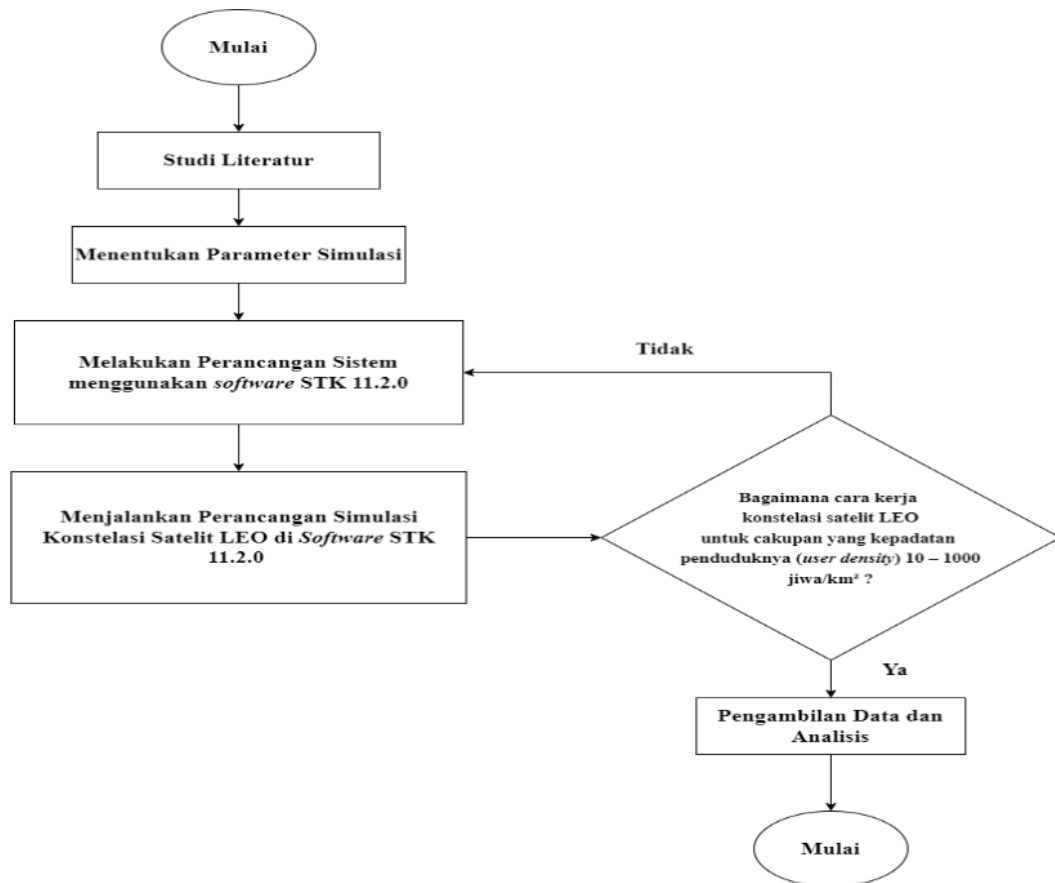
Asia Development Bank (ADB) dalam laporannya tentang “Digital Connectivity & Low Earth Orbit Satellite Constellations” tanggal 28 April 2021 menyebutkan konektivitas adalah sesuatu yang esensial bagi pertumbuhan ekonomi dan perkembangan sosial suatu negara, selain untuk keuletan/ketahanan (*resilience*) dan kesembuhan (*recovery*) yang terkadang diperlukan juga oleh bangsa tersebut (Digital Connectivity and LEO Satellite Constellations - Opportunities for Asia and the Pacific 2021). Indonesia sebagai negara kepulauan dengan jumlah pulau-pulau tersebar dipisahkan lautan menghadapi masalah konektivitas. Hal ini sudah sejak lama dicoba diatasi dengan pembangunan sistem komunikasi satelit sejak Satelit Palapa generasi A yang dioperasikan PT. Telkom hingga Satelit Telkom 3S yang dioperasikan oleh PT. TelkomSat dan Satelit Nusantara Satu yang dioperasikan swasta (Pasifik Satelit Nusantara), dan kesenjangan konektivitas tetap saja

ada. Terlepas pada usaha-usaha yang dilakukan pemerintah cq. Kominfo menyelesaikan masalah konektivitas ini dengan cara membolehkan penggunaan satelit asing untuk mendukung penyediaan layanan satelit yang belum sepenuhnya dapat dipenuhi oleh kapasitas satelit nasional (Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia 2018) maka opsi pembuatan / pengoperasian satelit LEO untuk pemenuhan komunikasi di Indonesia dipelajari dan diteliti.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan satu unit laptop jenis HP Pavillion x360 *convertible* dengan spesifikasi laptop yang digunakan Intel® Core™ i7-7500U CPU @ 2.70 GHz (4 CPUs) - 2.9 Ghz dengan OS yang digunakan tipe windows 10 *Home Single* 64 bit Penelitian ini menggunakan *software* STK sebagai bagian dari perancangan simulasi sistem telekomunikasi berbasis konstelasi satelit LEO untuk wilayah Indonesia. Penelitian ini menganalisis cara kerja konstelasi satelit LEO untuk cakupan kepadatan penduduk (*user density*) 10 – 1000 jiwa/km² dimana kepadatan penduduk dihitung berdasarkan jumlah penduduk dibagi dengan luas wilayah.

Dalam penelitian dilakukan beberapa tahap dalam menganalisis perancangan bangun sistem telekomunikasi berbasis konstelasi satelit LEO sampai dengan proses pengambilan dan analisis data yang terdapat pada diagram alur pada gambar 1

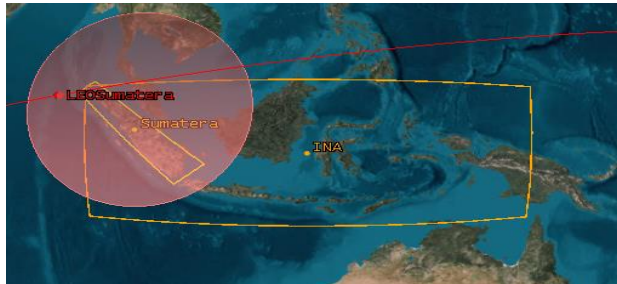


Gambar 1. Flowchart Penelitian

Pada gambar 1 menunjukkan proses perancangan sistem. Pada tahap awal penelitian yaitu mencari referensi jurnal yang berkaitan dengan topik yang akan digunakan, kemudian dari referensi yang didapatkan akan di *review* beberapa penelitian – penelitian sebelumnya yang mana digunakan sebagai acuan untuk melakukan penelitian ini. Setelah mendapatkan gambaran mengenai masalah terkait dengan topik yang akan dibahas, selanjutnya menentukan komponen yang akan digunakan dalam simulasi dan menentukan parameter perancangan sistem telekomunikasi navigasi berbasis konstelasi satelit LEO untuk wilayah Indonesia menggunakan *software* STK. Setelah itu, dianalisis parameter yang digunakan sehingga mendapatkan hasil kinerja dari simulasi tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada satelit LEO untuk daerah Sumatera dari hasil simulasi didapatkan bahwa dalam 1 hari satelit LEO memiliki waktu periode sebesar 1,9 jam, *altitude* satelit sebesar 1500 km, *inclination* sebesar 11°, RAAN 225°, dengan tipe orbit *circular*. Dari perhitungan manual didapatkan bahwa laju satelit LEO bergerak dalam lintasan sebesar 2.249×10^{19} m/s dan satelit LEO mengorbit bumi rata – rata 12 kali/hari



Gambar 2. Footprint Coverage Satelit LEO Daerah Sumatera

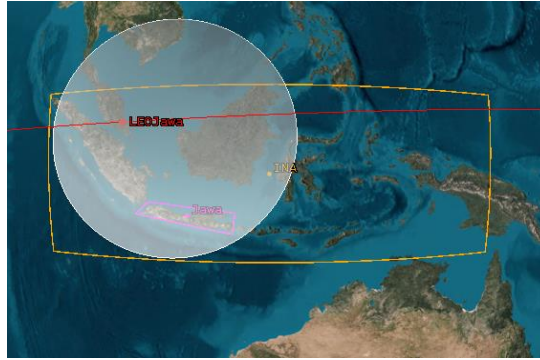
Civil Air Patrol Use Only
 Satellite-LEOsumatera: Pass Information

26 Dec 2021 13:23:48

Pass	Start Time (UTCG) End Time (UTCG)	Apogee (km) Perigee (km)	Time of Apogee (UTCG) Time of Perigee (UTCG)	Period (hr) Right Ascen (deg)	Lon Ascen Node (deg) Lon Descen Node (deg)
1	25 Nov 2021 05:00:00.000	Circular	Circular	1.927	87.638
	25 Nov 2021 06:55:37.855	Circular	Circular	-133.276	-107.043
2	25 Nov 2021 06:55:37.855	Circular	Circular	1.927	58.276
	25 Nov 2021 08:51:15.711	Circular	Circular	-133.651	-136.404
3	25 Nov 2021 08:51:15.711	Circular	Circular	1.927	28.915
	25 Nov 2021 10:46:53.566	Circular	Circular	-134.025	-165.765
4	25 Nov 2021 10:46:53.566	Circular	Circular	1.927	-0.446
	25 Nov 2021 12:42:31.422	Circular	Circular	-134.400	164.873
5	25 Nov 2021 12:42:31.422	Circular	Circular	1.927	-29.807
	25 Nov 2021 14:38:09.277	Circular	Circular	-134.774	135.512
6	25 Nov 2021 14:38:09.277	Circular	Circular	1.927	-59.168
	25 Nov 2021 16:33:47.133	Circular	Circular	-135.148	106.151
7	25 Nov 2021 16:33:47.133	Circular	Circular	1.927	-88.530
	25 Nov 2021 18:29:24.988	Circular	Circular	-135.523	76.790
8	25 Nov 2021 18:29:24.988	Circular	Circular	1.927	-117.891
	25 Nov 2021 20:25:02.843	Circular	Circular	-135.897	47.428
9	25 Nov 2021 20:25:02.843	Circular	Circular	1.927	-147.252
	25 Nov 2021 22:20:40.699	Circular	Circular	-136.271	18.067
10	25 Nov 2021 22:20:40.699	Circular	Circular	1.927	-176.613
	26 Nov 2021 00:16:18.554	Circular	Circular	-136.646	-11.294
11	26 Nov 2021 00:16:18.554	Circular	Circular	1.927	154.025
	26 Nov 2021 02:11:56.410	Circular	Circular	-137.020	-40.655
12	26 Nov 2021 02:11:56.410	Circular	Circular	1.927	124.664
	26 Nov 2021 04:07:34.265	Circular	Circular	-137.394	-70.016
13	26 Nov 2021 04:07:34.265	Circular	Circular	Partial Pass	95.303
	26 Nov 2021 05:00:00.000	Circular	Circular	-137.769	Not in Pass

Gambar 3. Hasil Simulasi Coverage Satelit LEO Untuk Daerah Sumatera Menggunakan Software STK.

Pada satelit LEO untuk daerah Jawa dari hasil simulasi yang didapatkan bahwa dalam 1 hari satelit LEO mengelilingi pulau Jawa memiliki waktu periode sebesar 1.9 jam, dengan ketinggian satelit berada pada ketinggian 1500 km dan RAAN sebesar 227° dengan *inclination* sebesar 3° menggunakan tipe orbit *circular*. Dari perhitungan manual didapatkan bahwa laju satelit LEO bergerak dalam lintasan sebesar 2.249×10^{19} m/s dan satelit LEO mengorbit bumi rata – rata 12 kali/hari



Gambar 4. Footprint Coverage Satelit LEO Daerah Jawa

Civil Air Patrol Use Only
Satellite-LEOJawa: Pass Information

14 Feb 2022 17:22:36

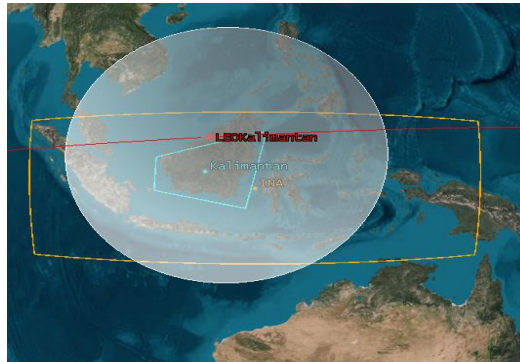
Pass	Start Time (UTC)	End Time (UTC)	Apogee (km)	Perigee (km)	Time of Apogee (UTC)	Time of Perigee (UTC)	Period (hr)	Right Ascen (deg)	Lon Ascen Node (deg)	Lon Descen Node (deg)
1	25 Nov 2021 05:00:00.000		Circular		Circular		1.927		87.638	
	25 Nov 2021 06:55:36.858		Circular		Circular		-133.276		-107.044	
2	25 Nov 2021 06:55:36.858		Circular		Circular		1.927		58.274	
	25 Nov 2021 08:51:13.715		Circular		Circular		-133.657		-136.408	
3	25 Nov 2021 08:51:13.715		Circular		Circular		1.927		28.911	
	25 Nov 2021 10:46:50.573		Circular		Circular		-134.038		-165.771	
4	25 Nov 2021 10:46:50.573		Circular		Circular		1.927		-0.453	
	25 Nov 2021 12:42:27.431		Circular		Circular		-134.419		164.866	
5	25 Nov 2021 12:42:27.431		Circular		Circular		1.927		-29.816	
	25 Nov 2021 14:38:04.288		Circular		Circular		-134.799		135.502	
6	25 Nov 2021 14:38:04.288		Circular		Circular		1.927		-59.179	
	25 Nov 2021 16:33:41.146		Circular		Circular		-135.180		106.139	
7	25 Nov 2021 16:33:41.146		Circular		Circular		1.927		-88.543	
	25 Nov 2021 18:29:18.003		Circular		Circular		-135.561		76.775	

Gambar 5. Hasil Simulasi Coverage Satelit LEO Untuk Daerah Jawa Menggunakan Software STK

8	25 Nov 2021 18:29:18.003		Circular		Circular		1.927		-117.906	
	25 Nov 2021 20:24:54.861		Circular		Circular		-135.942		47.412	
9	25 Nov 2021 20:24:54.861		Circular		Circular		1.927		-147.270	
	25 Nov 2021 22:20:31.719		Circular		Circular		-136.322		18.049	
10	25 Nov 2021 22:20:31.719		Circular		Circular		1.927		-176.633	
	26 Nov 2021 00:16:08.576		Circular		Circular		-136.703		-11.315	
11	26 Nov 2021 00:16:08.576		Circular		Circular		1.927		154.003	
	26 Nov 2021 02:11:45.434		Circular		Circular		-137.084		-40.678	
12	26 Nov 2021 02:11:45.434		Circular		Circular		1.927		124.640	
	26 Nov 2021 04:07:22.292		Circular		Circular		-137.464		-70.042	
13	26 Nov 2021 04:07:22.292		Circular		Circular		Partial Pass		95.277	
	26 Nov 2021 05:00:00.000		Circular		Circular		-137.845		Not in Pass	

Gambar 6. Hasil Simulasi Coverage Satelit LEO Untuk Daerah Jawa Menggunakan Software STK

Pada satelit LEO untuk daerah Kalimantan dari hasil simulasi yang didapatkan bahwa dalam 1 hari satelit LEO mengelilingi pulau Kalimantan sebesar 1.9 jam, dengan ketinggian satelit berada pada ketinggian 1500 km di atas permukaan bumi dan RAAN sebesar 232° dengan *inclination* sebesar 4° menggunakan tipe orbit *circular*. Dari perhitungan manual didapatkan bahwa laju satelit LEO bergerak dalam lintasan sebesar 2.249×10^{19} m/s dan satelit LEO mengorbit bumi rata – rata 12 kali/hari



Gambar 7. Footprint Satelit LEO Daerah Kalimantan

Civil Air Patrol Use Only
 Satellite-LEO Kalimantan: Pass Information

14 Feb 2022 18:11:24

Pass	Start Time (UTC)	Apogee (km)	Time of Apogee (UTC)	Period (hr)	Lon Ascen Node (deg)
	End Time (UTC)	Perigee (km)	Time of Perigee (UTC)	Right Ascen (deg)	Lon Descen Node (deg)
1	25 Nov 2021 05:50:00.000	Circular	Circular	1.927	75.639
	25 Nov 2021 06:55:36.921	Circular	Circular	-145.276	-119.044
2	25 Nov 2021 06:55:36.921	Circular	Circular	1.927	46.274
	25 Nov 2021 08:51:13.841	Circular	Circular	-145.637	-149.407
3	25 Nov 2021 08:51:13.841	Circular	Circular	1.927	16.911
	25 Nov 2021 10:46:50.762	Circular	Circular	-146.037	-177.771
4	25 Nov 2021 10:46:50.762	Circular	Circular	1.927	-12.452
	25 Nov 2021 12:42:27.683	Circular	Circular	-146.417	152.866
5	25 Nov 2021 12:42:27.683	Circular	Circular	1.927	-41.816
	25 Nov 2021 14:38:04.603	Circular	Circular	-146.798	123.503
6	25 Nov 2021 14:38:04.603	Circular	Circular	1.927	-71.179
	25 Nov 2021 16:33:41.524	Circular	Circular	-147.178	94.140
7	25 Nov 2021 16:33:41.524	Circular	Circular	1.927	-100.542
	25 Nov 2021 18:29:18.445	Circular	Circular	-147.558	64.776
8	25 Nov 2021 18:29:18.445	Circular	Circular	1.927	-129.905
	25 Nov 2021 20:24:55.365	Circular	Circular	-147.939	35.413
9	25 Nov 2021 20:24:55.365	Circular	Circular	1.927	-159.269
	25 Nov 2021 22:20:32.286	Circular	Circular	-148.319	6.050
10	25 Nov 2021 22:20:32.286	Circular	Circular	1.927	171.368
	26 Nov 2021 00:16:09.207	Circular	Circular	-148.699	-23.314
11	26 Nov 2021 00:16:09.207	Circular	Circular	1.927	142.005
	26 Nov 2021 02:11:46.127	Circular	Circular	-149.080	-52.677
12	26 Nov 2021 02:11:46.127	Circular	Circular	1.927	112.641
	26 Nov 2021 04:07:23.048	Circular	Circular	-149.460	-82.040
13	26 Nov 2021 04:07:23.048	Circular	Circular	Partial Pass	83.278
	26 Nov 2021 05:00:00.000	Circular	Circular	-149.840	Not in Pass

Gambar 8 Hasil Simulasi Coverage Satelit LEO Untuk Daerah Jawa Menggunakan Software STK

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Cara agar dapat mencakup 1 daerah dalam 1 hari yaitu dengan menggunakan 11 satelit LEO. Cara meningkatkan konektivitas daerah – daerah di Indonesia yaitu dengan menggunakan satelit LEO karena bisa menjadi pilihan yang menguntungkan bagi negara berkembang seperti Indonesia dikarenakan satelit LEO mempunyai delay propagasi yang rendah dan biaya satelit LEO per satelitnya lebih murah dibandingkan dengan MEO maupun GEO. Untuk dapat melihat coverage satelit LEO untuk wilayah Indonesia dapat mengikuti URL berikut : <https://www.youtube.com/watch?v=kGIvbx2Suhc>

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. “Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi (Jiwa/Km2), 2015-2019.” *Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi* (8.5.2017): 1. <https://www.bps.go.id/indicator/12/141/1/kepadatan-penduduk-menurut-provinsi.html> (March 29, 2022).

“Digital Connectivity and LEO Satellite Constellations - Opportunities for Asia and the Pacific.” 2021. (October).

Garrity, John, and Arndt Husar. 2021. “Digital Connectivity and Low Earth Orbit Satellite Constellations OPPORTUNITIES FOR ASIA AND THE PACIFIC.” (76): 47.

- Grandgirard, Julie et al. 2002. "Costs of Secondary Parasitism in the Facultative Hyperparasitoid *Pachycrepoideus Dubius*: Does Host Size Matter?" *Entomologia Experimentalis et Applicata* 103(3): 239–48.
- Guidotti, Alessandro et al. 2019. "LTE-Based Satellite Communications in LEO Mega-Constellations." *International Journal of Satellite Communications and Networking* 37(4): 316–30.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. 2018. "Ini Daftar Terbaru Layanan Satelit Penuhi Syarat Di Indonesia." *KOminfo Official*.
- Leo, Satelit et al. 2021. "Satelit LEO Bisa Membantu Pemerataan Kebutuhan Akses Internet Indonesia." : 1–13. https://www.kompas.id/baca/ekonomi/2021/07/28/satelit-leo-bisa-membantu-pemerataan-kebutuhan-akses-internet-indonesia?status=sukses_login&status_login=login.
- Maini, Anil K., and Varsha Agrawal. 2011. "Second Edition Principles And Applications." *World Wide Web Internet And Web Information Systems*: Page 35-68. <http://www.centennialofflight.gov/essay/Dictionary/Stabilization/DI172.ht>.
- Maral, Gerard, Michel Bousquet, and Zhili Sun. 2020. "Satellite Communications Systems : Systems, Techniques and Technology." *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.: 793.
- Nasser, Eriko Nasemudin. 2014. "Multi Mission Low Earth Orbit Equatorial Satellite for Indonesian Regions: Telecommunication Payload." *Proceeding - ICARES 2014: 2014 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (c)*: 121–26.
- Su, Yongtao et al. 2019. "Broadband LEO Satellite Communications: Architectures and Key Technologies." *IEEE Wireless Communications* 26(2): 55–61.
- Wood, Lloyd. "Satellite Constellation Networks 'The Path from Orbital Geometry through Network Topology to Autonomous Systems.'" : 13–34. <http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/publications/zhang-book/zhang-book-wood-chapter-2.pdf>.
- Yuniarti, Diah. 2015. "Studi Perkembangan Dan Kondisi Satelit Indonesia The Study of Development and Condition of Indonesian Satellites." 11(2): 121–36. <http://online.bpostel.com/index.php/bpostel/article/view/110203>.