

Studi Rancang Bangun Simulasi Sistem Telekomunikasi Berbasis Konstelasi Satelit LEO untuk Wilayah Indonesia

Anantia Prakasa¹

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. DI Panjaitan 128, Purwokerto 53147, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 26 Juni 2022
Direvisi, 27 Juni 2022
Diterima, 28 Juni 2022

Kata Kunci:

Footprint
Konektivitas
Konstelasi Satelit
User Density
Simulasi

Keyword:

Footprint
Connectivity
Satellite Constellation
User Density
Simulation

INTISARI

Sejumlah 7 (tujuh) satelit telekomunikasi di orbit geostasioner (GEO) milik perusahaan Indonesia beroperasi meliputi wilayah Indonesia; 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 3T (terluar, tertinggal, terdepan), terpencil dan/atau pulau-pulau kecil. Alasan kapasitas satelit nasional yang sudah penuh adalah sebab Pemerintah cq. 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.

ABSTRACT

Several telecommunication satellites in geostationary orbit (GEO) operated by Indonesian companies cover the whole Indonesia area; 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.

Korespondensi Penulis:

Anantia Prakasa
Program Studi Teknik Telekomunikasi
Fakultas Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom
Jl. DI Panjaitan 128, Purwokerto 53147, Indonesia
Email: anantia@ittelkom-pwt.ac.id

1. 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/ketabahan (*resilience*) dan kesembuhan (*recovery*) yang terkadang diperlukan juga oleh bangsa tersebut [1]. 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 [2] maka opsi pembuatan / pengoperasian satelit LEO untuk pemenuhan komunikasi di Indonesia dipelajari dan diteliti.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan bantuan software Satellite Tool Kits (STK).

2.1. Alur Penelitian

Alur penelitian terlihat pada gambar 1 dimana proses perancangan konstelasi satelit LEO dibuat.

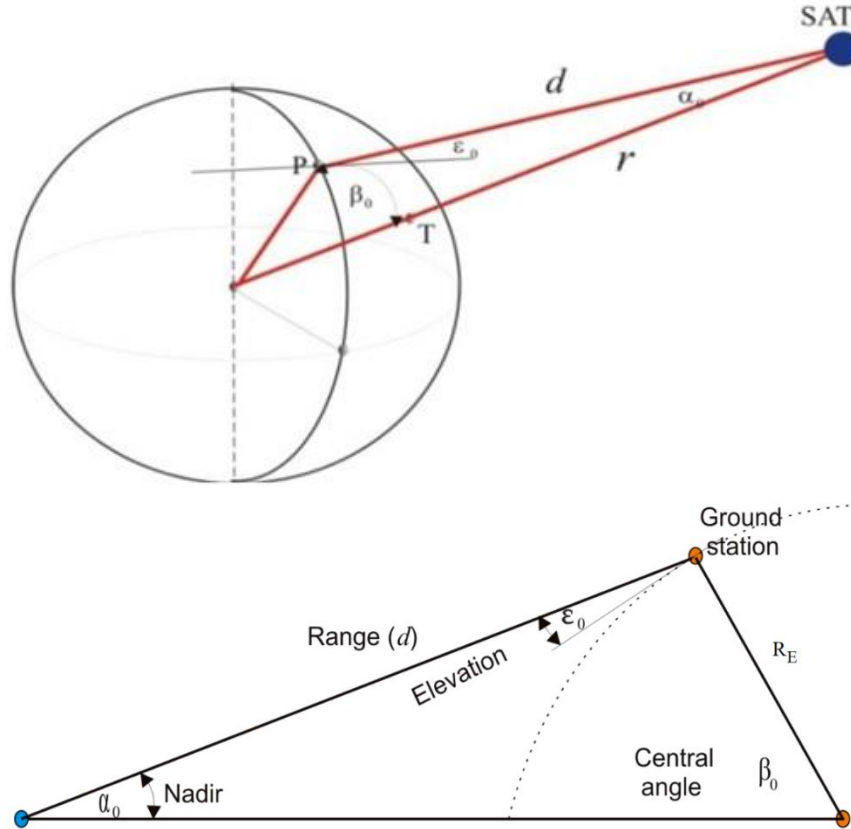


Gambar 1 Alur Penelitian

Langkah pertama adalah membuat spesifikasi satelit LEO dari sisi orbitnya. Ketinggian satelit LEO dirancang antara 600 Km hingga 1500 Km, tetapi untuk menghindari radiasi medan elektromagnet *Van Allen belt* yang bisa merusak sensor, komponen elektronik dan solar sel maka rancang bangun ketinggian satelit LEO biasanya dibatasi tidak lebih dari 1400 Km [3]. Berdasarkan ketinggian tersebut maka *coverage* atau luas liputan yang mungkin berdasar ketinggian satelit LEO bisa ditentukan dengan nilai sudut elevasi *ground station* yang diinginkan; hal ini dirumuskan pada persamaan 1 [3].

$$S_{Coverage} = 2\pi R_E^2 (1 - \cos(\beta_0)) \quad (1)$$

Dimana β_0 adalah central angle dan $R_e = 6378 \times 10^3 \text{ m}$ seperti tampak pada gambar 2.



Gambar 2 Geometri ketinggian satelit [3][4]

Sedangkan *slant range* d sebagai fungsi dari sudut elevasi ϵ_0 dirumuskan dengan persamaan 2 berikut [3].

$$d(\epsilon_0) = R_E \left[\sqrt{\left(\frac{H + R_E}{R_E}\right)^2 - \cos^2 \epsilon_0} - \sin \epsilon_0 \right] \quad (2)$$

Dimana H adalah ketinggian satelit diatas permukaan bumi. Hubungan sudut elevasi ϵ_0 dan central angle β_0 adalah [3]:

$$\epsilon_0 + \alpha_0 + \beta_0 = 90^\circ \quad (3)$$

$$d \sin \epsilon_0 = r \sin \beta_0 \quad (4)$$

$$d \sin \alpha_0 = R_E \sin \beta_0 \quad (5)$$

Untuk $d^2 = H(H + R_E)$ menghasilkan nilai $\epsilon_0 = 0^\circ$, sedangkan nilai $d = H$ menghasilkan nilai $\epsilon_0 = 90^\circ$.

Untuk antena yang dipergunakan pada satelit LEO digunakan standar ITU Rec. ITU-R S.1528 Annex.1 [5] dimana *radiation pattern*-nya memberi *coverage field-of-view (FOV)* maksimum $\pm 60^\circ$.

2.2. Perancangan Sistem

Berdasarkan persamaan-persamaan diatas maka diimplementasikan kedalam software STK dengan beberapa asumsi diantaranya orbit satelit LEO adalah lingkaran sempurna (*circular*). Selain itu pembuatan konstelasi satelit LEO menggunakan Rosette untuk meliput seluruh wilayah Indonesia selama 24 jam terus menerus [6].

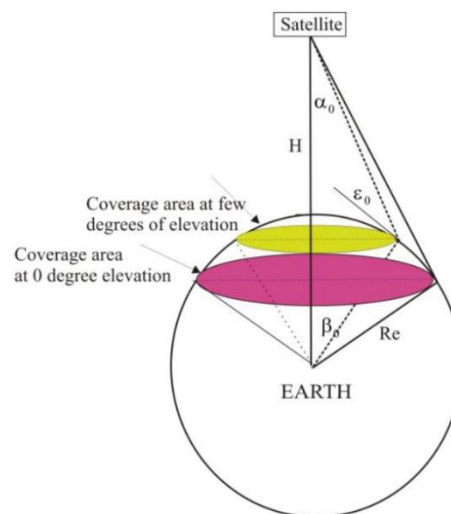
Umumnya notasi perancangan konstelasi satelit dengan menggunakan *Walker code* dinotasikan dengan (N, P, m) dimana N melambangkan jumlah total satelit dalam satu konstelasi, P melambangkan jumlah bidang orbit dalam satu konstelasi dan m melambangkan faktor harmonik. Dalam penelitian ini konstelasi Rosette diambil ϵ_0 sudut inklinasi tidak kurang dari 10° dan Walker code $(9,4,3)$. Untuk mengoptimasi coverage secara berkesinambungan luas wilayah Indonesia tanpa putus akibat pergerakan satelit maka didefinisikan daerah tumpang tindih (*over-lapping*) berupa swatch area antara 10% hingga 30%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan ϵ_0 sudut inklinasi tidak kurang dari 10° maka luas cakupan S_{Coverage} satelit LEO [5] berupa *spot-beam* di muka bumi dengan berbagai ketinggian satelit LEO diperlihatkan pada tabel 1 dengan asumsi $\epsilon_0 \geq 10^\circ$ dan α_0 bervariasi serta gambar 3 sebagai ilustrasinya.

Tabel 1. Luas S_{Coverage} di muka bumi dari satelit LEO diberbagai ketinggian H

Ketinggian orbit satelit LEO (Km)	H	H	H	H	H	H
Elevasi max. ϵ_0	Range (Km)	Range (Km)	Range (Km)	Range (Km)	Range (Km)	Range (Km)
0°	3065	3289	3504	3708	3900	4088
10°	2180	2372	2577	2770	2955	3136
20°	1581	1765	1947	2120	2287	2453
30°	1234	1392	1549	1701	1849	1996
40°	1027	1164	1302	1436	1567	1698
50°	883	1005	1128	1248	1366	1486
60°	794	905	1018	1129	1238	1348
70°	742	847	954	1058	1160	1266
80°	707	809	908	1012	1113	1214
90°	700	800	900	1000	1100	1200
Luasan S_{Coverage} Km ²	2221,3 hingga 733,5	2471,4 hingga 830,3	2677,0 hingga 927,6	2881,4 hingga 1012,2	2967,9 hingga 1101,9	3138,8 hingga 1204,5



Gambar 3 Geometri ketinggian satelit [3]

Luas S_{Coverage} perlu di simulasikan karena seperti pada gambar 3 diatas: luas yang diperlihatkan adalah luas bidang horizontal. Dengan bantuan software STK maka simulasi ini dibuat. Simulasi bisa dilihat di situs <https://www.youtube.com/watch?v=KT0eC4nY700>

4. KESIMPULAN

Simulasi bisa memperlihatkan S_{Coverage} secara utuh dari konstelasi satelit LEO yang terdiri dari 9 satelit LEO untuk meliput Indonesia secara berkesinambungan 24jam. Dengan mengasumsikan orbit satelit LEO berbentuk *circular* lingkaran sempurna maka daerah *swath* penampakan luasannya cenderung terlihat tetap. Selain itu variasi ketinggian satelit LEO memperlihatkan variasi daerah cakupan akan semakin luas walaupun tidak terlalu signifikan. Lebih dari pada itu, keuntungan Indonesia terletak di daerah khatulistiwa perlu digunakan utamanya dalam pembuatan serta penggunaan satelit diorbit LEO maupun MEO.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih tak berhingga kami ucapkan kepada Bapak Imam MPB yang bersedia meluangkan waktunya berdiskusi dan membantu hingga bisa terselesaikannya penelitian ini. Juga kepada Ketua LPPM IT Telkom Purwokerto yang sudah mengakomodasi penelitian ini sebagai penelitian internal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Digital Connectivity and LEO Satellite Constellations - Opportunities for Asia and the Pacific," no. October, 2021, [Online]. Available: <https://www.adb.org/publications/digital-connectivity-low-earth-orbit-satellite-opportunities>.
- [2] Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, "Ini Daftar Terbaru Layanan Satelit Penuhi Syarat di Indonesia," *KOminfo Off.*, 2018, [Online]. Available: <https://www.kominfo.go.id/content/detail/14350/ini-daftar-terbaru-layanan-satelit-penuhi-syarat-di-indonesia/0/artikel>.
- [3] S. Cakaj, B. Kamo, A. Lala, and A. Rakipi, "The Coverage Analysis for Low Earth Orbiting Satellites at Low Elevation," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 5, no. 6, pp. 6–10, 2014, doi: 10.14569/ijacsa.2014.050602.
- [4] S. Cakaj, B. Kamo, V. Koliçi, and O. Shurdi, "The Range and Horizon Plane Simulation for Ground Stations of Low Earth Orbiting (LEO) Satellites," *Int. J. Commun. Netw. Syst. Sci.*, vol. 04, no. 09, pp. 585–589, 2011, doi: 10.4236/ijcns.2011.49070.
- [5] Q. Itu-r, "RECOMMENDATION ITU-R S . 1528 Satellite antenna radiation patterns for non-geostationary orbit satellite antennas operating in the fixed-satellite service below 30 GHz," pp. 1–9, 2001.
- [6] L. Wood, "Chapter 2," pp. 13–34.

