

Simulasi Dinamika dan Uji Penerimaan Komunikasi Antena Penjejak Satelit POES (Polar-orbiting Operational Environmental Satellites)

Joga Dharma Setiawan^{a*}, Ismoyo Haryanto^a, Andhicka Rizky Kurnianto^a

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jalan Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang, Semarang

*E-mail: joga.setiawan@ft.undip.ac.id

Abstract

This study aims to validate the low earth orbit (LEO) satellite tracking motion with Systems Tool Kit (STK) software and compare the azimuth and elevation movements with data from satellite tracking provider websites such as www.n2yo.com, then create an animated model in Matlab/ Simulink uses simulation data from STK software and determines the desired azimuth angle trajectory and ensures antenna movement within the limits of the actual available space. Next, the satellite tracking antenna control system is implemented to determine the relationship between the duration of data communication and the maximum elevation, power received, and produce an image of the earth's surface from the results of data communication reception. This research uses facilities provided by the LEO POES (Polar-Orbiting Environmental Satellites) satellites, namely NOAA-15, 18 and 19. In particular, the results of trials receiving image transmissions from NOAA-18, have succeeded in obtaining several images for display, namely original images. black and white, contrast A, MSA (multi spectral analysis), sea surface temperature, and thermal.

Keywords: LEO Satellite, NOAA, STK, TLE, Tracking Antenna.

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk memvalidasi gerak penjejak satelit orbit bumi rendah (LEO) dengan perangkat lunak *Systems Tool Kit* (STK) dan membandingkan gerakan *azimuth* dan elevasi dengan data dari *website* penyedia penjejak satelit seperti www.n2yo.com, lalu membuat model animasi dalam Matlab/Simulink menggunakan data simulasi dari *software* STK dan menentukan lintasan sudut *azimuth* yang diinginkan serta memastikan gerakan antena dalam batas-batas ruang yang tersedia secara aktual. Selanjutnya sistem kontrol antena penjejak satelit ini diimplementasikan untuk menentukan hubungan antara durasi komunikasi data dengan maksimum elevasi, daya yang diterima dan menghasilkan gambar permukaan bumi dari hasil penerimaan komunikasi data. Penelitian ini menggunakan fasilitas yang disediakan oleh satelit LEO POES (*Polar-Orbiting Environmental Satellites*) yaitu NOAA-15, 18 and 19. Secara khusus hasil uji coba penerimaan transmisi gambar dari NOAA-18, telah berhasil didapatkan beberapa gambar untuk ditampilkan, yaitu gambar asli berwarna hitam dan putih, *contrast A*, *MSA (multi spectral analysis)*, suhu permukaan laut, dan *thermal*.

Kata kunci: LEO Satellite, NOAA, STK, TLE, Tracking Antenna.

1. PENDAHULUAN

Satelit adalah benda langit atau mesin buatan manusia yang berputar mengelilingi planet atau benda langit. Satelit ada dua jenis, alami dan buatan. Satelit alami adalah benda langit yang berputar mengelilingi planet atau bintang. Misalnya, bulan adalah satelit alami bumi, demikian pula Titan adalah salah satu satelit Saturnus[1]. Satelit buatan adalah objek yang diproduksi yang didedikasikan untuk terus mengorbit bumi, atau benda lain di luar angkasa. Tujuan awal dari satelit buatan adalah untuk melayani komunikasi berbiaya rendah dan memberikan peluang baru dalam penyelidikan dan pengembangan radio[2]. Satelit buatan mempunyai berbagai kegunaan seperti prakiraan cuaca, siaran radio dan televisi, satelit militer, satelit navigasi, telepon global, daerah terpencil dan komunikasi seluler global[3]. Satelit berdasarkan ketinggian orbitnya terbagi menjadi tiga, yaitu *Geostationary Orbit* (GEO), *Medium Earth Orbit* (MEO) dan *Low Earth Orbit* (LEO)[1].

Satelit LEO memiliki orbit melingkar (atau elips) pada ketinggian 250–2000 km dari permukaan bumi. Periode orbit, terutama tergantung pada ketinggian, bervariasi dalam kisaran 90-120 menit. Karena ketinggian satelit LEO rendah, kecepatannya sangat tinggi (>25.000 km/jam) dan dapat mengitari bumi dalam 12–16 putaran per hari. Ini berarti bahwa satelit LEO mengalami setidaknya 12 hingga 16 periode siang dan malam dalam 24 jam[4]. Namun jika dibandingkan dengan satelit geostasioner, orbit ini mempunyai umur yang sangat pendek. Meskipun demikian, sistem LEO umumnya menawarkan tautan komunikasi berkualitas tinggi dengan memastikan ketinggian yang tinggi di setiap tempat di planet ini. Satelit LEO juga terlihat dari bumi hanya sekitar sepuluh menit[5].

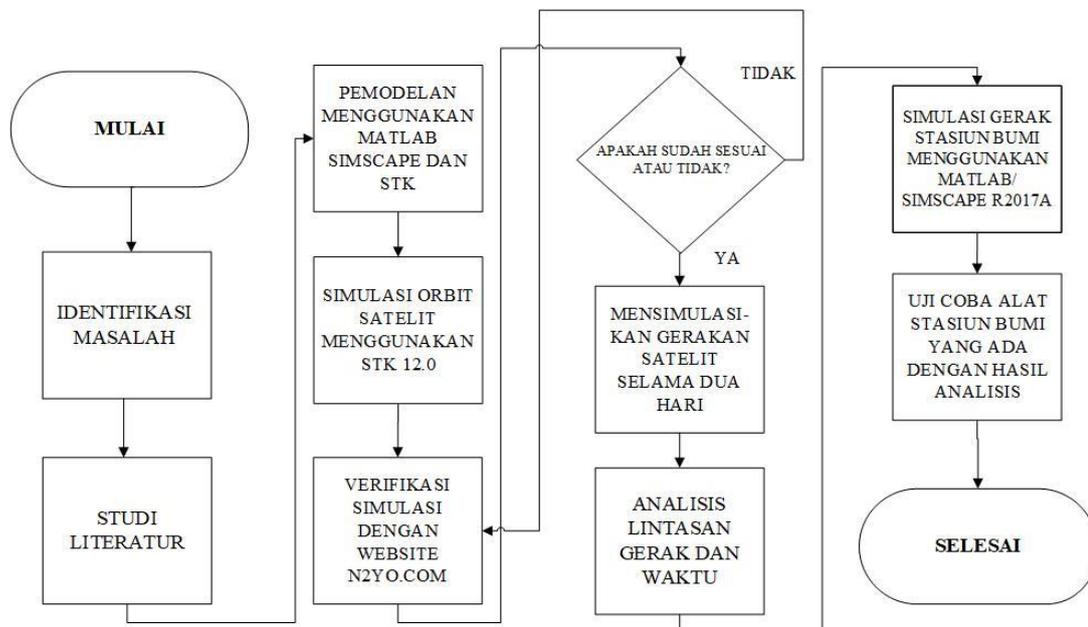
Polar-orbiting Operational Environmental Satellite (POES) adalah konstelasi satelit cuaca yang mengorbit kutub yang didanai oleh Administrasi Kelautan dan Atmosfer Nasional (NOAA) dan Organisasi Eropa untuk Eksploitasi Satelit Meteorologi (EUMETSAT) dengan tujuan meningkatkan akurasi dan detail analisis dan peramalan cuaca[6]. Untuk satelit-satelit tersebut, beberapa satelit dapat dilacak secara gratis, seperti NOAA[7]. Hingga kini, satelit NOAA yang tergabung dalam POES yang masih beroperasi hanya berjumlah 3, yaitu NOAA-15, NOAA-18, dan NOAA-19[8].

Untuk memiliki stasiun bumi yang menggunakan sistem antena penjejak satelit LEO yang ketersediaan komponen rotatornya terbatas di dalam negeri serta kondisi tempat peletakkan antena yang tersedia cukup sempit maka diperlukan pembuatan animasi serta simulasi yang terperinci dan lengkap serta tepat agar kualitas komunikasi dengan satelit LEO bisa berjalan dengan baik. Simulasi pergerakan satelit terhadap orbit membutuhkan TLE (*Two-line orbital elements*) dalam operasinya. TLE adalah format data yang dikeluarkan oleh NORAD (*North American Aerospace Defense Command*) yang mengkodekan daftar elemen orbit dari objek yang mengorbit bumi untuk titik waktu tertentu. TLE menggunakan dua baris teks ASCII yang diformat menjadi 80 kolom, dan harus dipasangkan dengan algoritma yang sesuai yang berisi *Standard General Perturbation models*, seperti SGP, SGP4, atau SGP8. *Perturbation models* ini berfungsi sebagai *propagator*, atau mesin matematika, yang menerjemahkan orbit satelit menjadi arah sudut lokasi satelit tersebut[9].

TLE ini setiap hari bisa berubah-ubah dikarenakan menyesuaikan dengan perubahan data dari radar NORAD, apakah perubahan TLE tersebut bisa setiap jam, setiap hari, atau tiga hari, dan lain sebagainya. Sehingga perlu diuji apakah dengan perubahan TLE tersebut mempengaruhi keakuratan data dari pergerakan orbit satelit orbit rendah. Dalam penelitian ini, digunakan salah satu instrumen transmisi yang terdapat pada satelit NOAA yaitu APT (*Automatic Picture Transmission*). APT merupakan transmisi mode sederhana yang menggunakan sinyal analog untuk mentransmisi gambar, dengan transmisi sekitar 137 MHz agar mudah diterima[10]. Untuk frekuensi APT satelit yang diteliti pada penelitian ini untuk NOAA-18 yaitu 137.9125 MHz[8]. Publikasi dari usaha untuk mengambil dan menganalisis hasil sinyal APT sudah pernah dilakukan yaitu penelitian oleh Nordin dan Aziz yang berisi tentang pengambilan data suhu menggunakan satelit NOAA untuk daerah pesisir daerah Sabah Malaysia[10], serta skripsi dari Rizkinia menggunakan data APT NOAA untuk melihat SST untuk meningkatkan efektifitas penangkapan ikan[11].

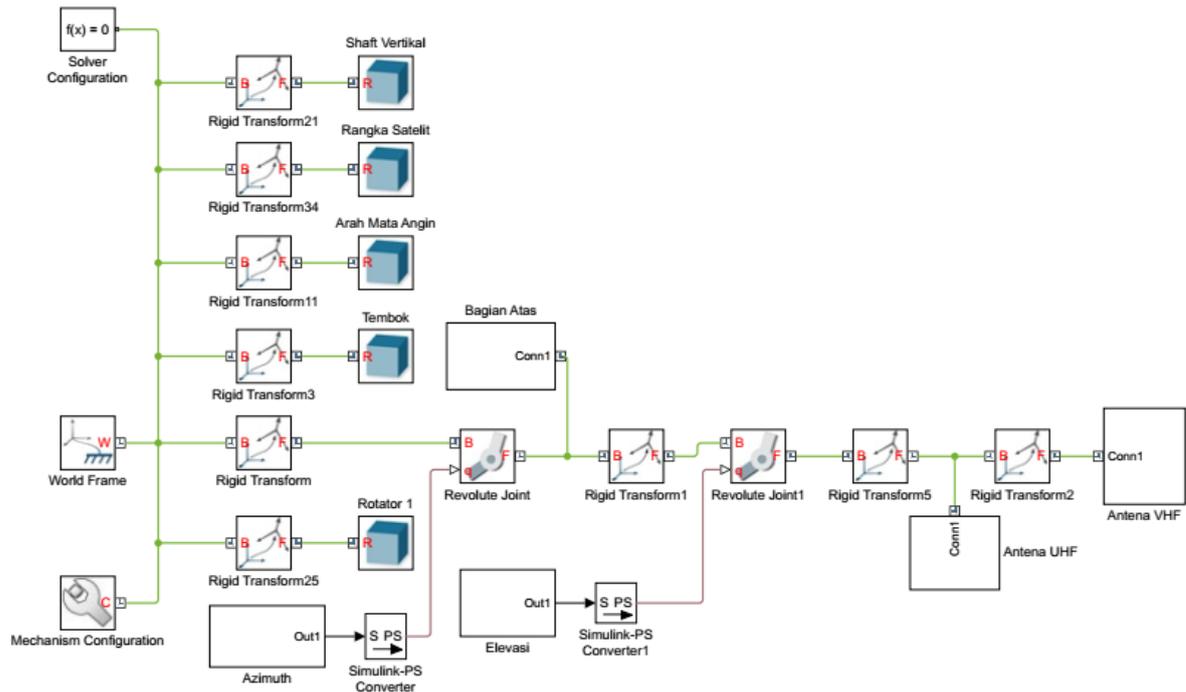
2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Studi literatur pembuatan animasi, simulasi menggunakan Systems Tool Kit (STK). Uji coba sistem kontrol stasiun bumi UNDIP dilakukan di suatu kota di Provinsi Jawa Tengah dengan keterangan *latitude* -7,32528°, *longitude* -7,32528°, *altitude* 594,2 m diatas permukaan laut, dan ketinggian *tower* antena sebesar 10 meter. Berikut adalah diagram alir penelitian yang dapat ditunjukkan pada gambar 2.1.



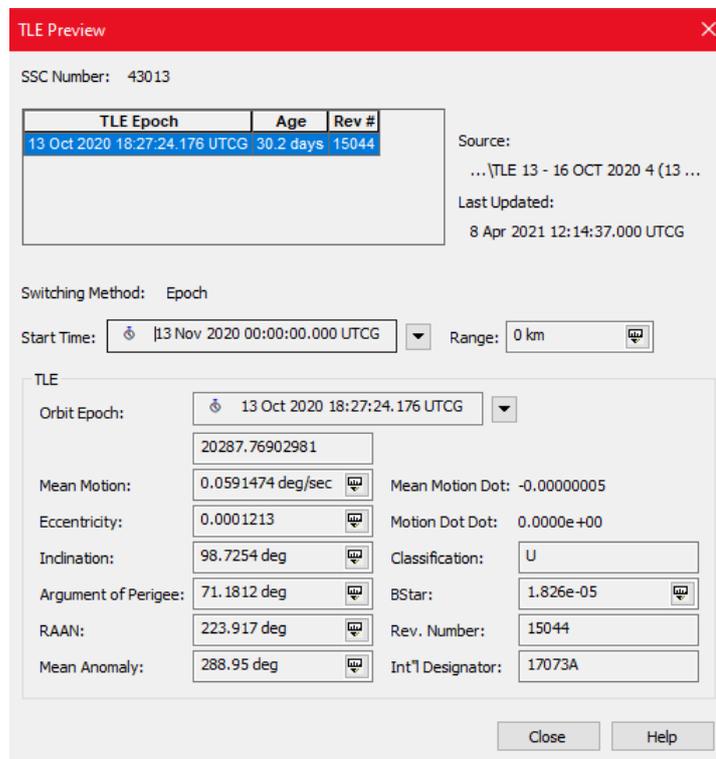
Gambar 2.1 Diagram alir penelitian

Proses pemodelan antena stasiun bumi pada penelitian ini menggunakan Matlab Simscape. Tampilan diagram *physical modeling* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Physical modeling dalam Matlab Simscape untuk antenna penjejak satelit LEO pada stasiun bumi

Proses simulasi pergerakan satelit menggunakan aplikasi AGI STK 12.0 dengan propagator SGP4 menggunakan TLE sebagai basis dari simulasi satelit. Satelit bisa dimasukkan kedalam simulasi menggunakan TLE. Dari TLE akan otomatis menentukan parameter – parameter dari satelit seperti bentuk orbit, *major axis*, dan lain sebagainya. Berikut adalah parameter yang didapat dari TLE yang ditunjukkan di Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh data TLE untuk simulasi dalam STK

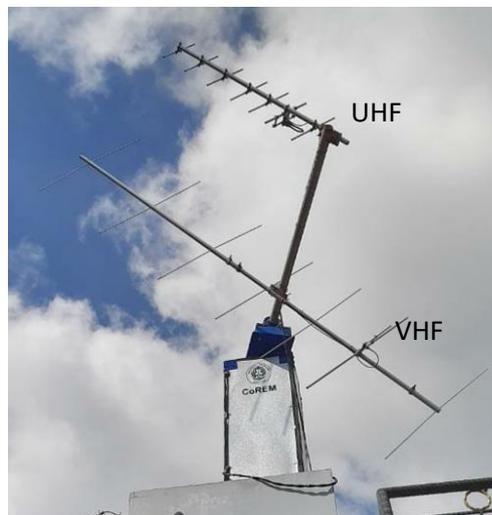
Setelah semua ditentukan kita dapat mengakses data dari satelit dengan menggunakan fitur *Access*. Hasil simulasi berupa laporan dalam berbagai format data seperti *AER* (*Azimuth, Elevation, Range*), *LLA* (*Latitude, Longitude, Altitude*) *Position*, dan masih banyak lagi, yang kesemuanya dapat disimpan dalam bentuk *.txt* atau *.csv*.

Berikut adalah salah satu contoh laporan AER untuk satelit NOAA-18 dengan *place* diatas yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

Place-RumahPakJoga-To-Satellite-NOAA_20_43013: Inview Azimuth, Elevation, & Range				
30 Jan 2021 00:17:56				
RumahPakJoga-To-NOAA_20_43013 - AER reported in the object's default AER frame				
Time (UTCG)	Azimuth (deg)	Elevation (deg)	Range (km)	
20 Nov 2020 04:35:42.263	122.581	-0.102	3377.901337	
20 Nov 2020 04:35:52.000	121.607	0.263	3337.163321	
20 Nov 2020 04:36:02.000	120.583	0.636	3296.104750	
20 Nov 2020 04:36:12.000	119.532	1.005	3255.870537	
20 Nov 2020 04:36:22.000	118.456	1.372	3216.497003	
20 Nov 2020 04:36:32.000	117.354	1.734	3178.021421	
20 Nov 2020 04:36:42.000	116.225	2.092	3140.481998	
20 Nov 2020 04:36:52.000	115.069	2.445	3103.917816	
20 Nov 2020 04:37:02.000	113.885	2.792	3068.368741	

Gambar 2.4 Laporan AER NOAA-18

Perangkat keras stasiun bumi dalam penelitian ini secara garis besar terdiri dari rangka, rotator, bearing penghubung, dan antena UHF dan VHF. Rotator yang digunakan untuk pengujian ini yaitu YAESU GX800DXA. Antena UHF dan VHF dapat dilihat pada gambar 2.5.

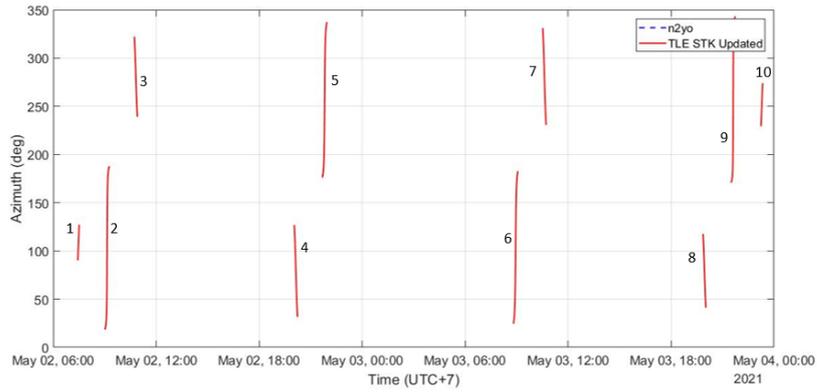


Gambar 2.5 Antena UHF dan VHF untuk penjejak satelit orbit bumi rendah di stasiun bumi UNDIP

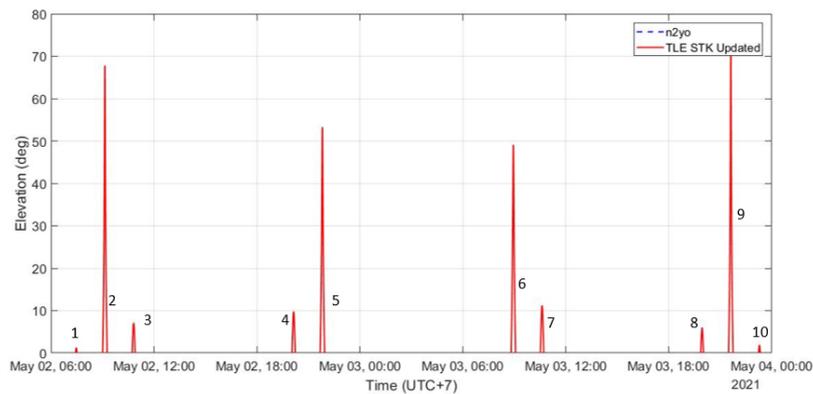
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi STK dilakukan dengan menggunakan parameter *updated* TLE untuk satelit NOAA-18. Setelah itu, untuk validasi hasil simulasi maka dilakukan perhitungan seberapa besar error dari azimuth, elevasi dan keterlambatan waktunya jika dibandingkan dengan data dari *website www.n2yo.com*. Seperti terlihat pada gambar 3.1, trajektori yang sangat mendekati dapat dihasilkan dari simulasi STK maupun dari data dari N2YO dimana maksimum deviasi azimuth sebesar $5,6^\circ$ dan elevasi sebesar $2,45^\circ$. Hasil simulasi ini kemudian digunakan untuk verifikasi kebutuhan ruang gerak dari konfigurasi antena penjejak yang dimodelkan dalam Simscape seperti yang terlihat pada gambar 2.2 untuk mewakili kondisi aktual yang ditunjukkan dalam gambar 2.5.

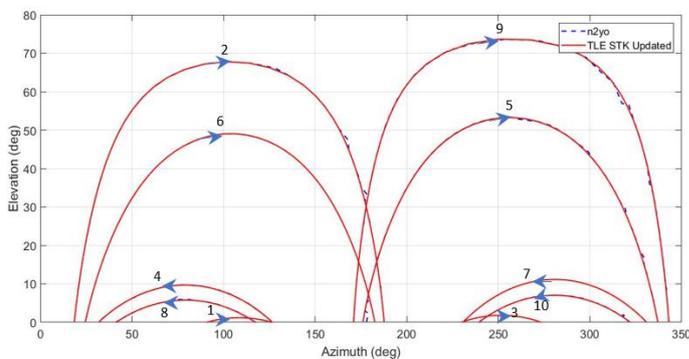
Setelah hasil simulasi menggunakan Simscape menunjukkan bahwa gerakan antena selama penjejukan selalu dalam batas-batas ruang yang tersedia maka uji coba sistem aktual pada gambar 2.5 dilakukan. Kemudian dilakukan uji penerimaan sinyal komunikasi dengan satelit POES dengan melakukan *live decoding* menggunakan aplikasi WxtoImg yang disambungkan dengan SDR Console V3 melalui aplikasi Virtual Audio Cable. Sinyal NOAA-18 pada tanggal 24 Maret 2021 dengan waktu mulai jam 08.55 WIB berbentuk seperti jarum – jarum dengan transmisi yang dihasilkan yaitu garis lurus dan garis putus – putus, dengan suara transmisi nyaring dan polanya seperti kode morse. Transmisi ini mempunyai puncak sinyal maksimal $-81,6$ dBm pada elevasi tertinggi 74° dengan frekuensi berjalan pada 137,9125 MHz. Komunikasi dimulai pada elevasi 5° dan mengakhiri penerimaan komunikasi pada elevasi 10° . Hasil gambar yang dihasilkan yaitu gambar asli (hitam putih), contrast A, MSA (*multi spectral analysis*), *Sea surface temperature*, dan *thermal*. Gambar – gambar tersebut ditunjukkan pada gambar 3.3 sampai dengan 3.6.



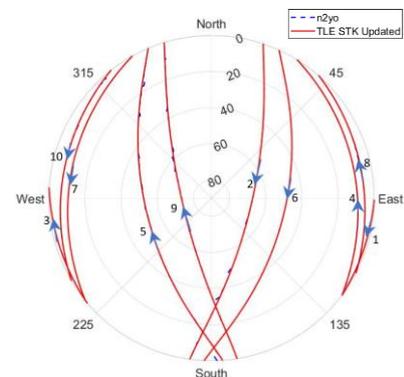
(a)



(b)



(c)

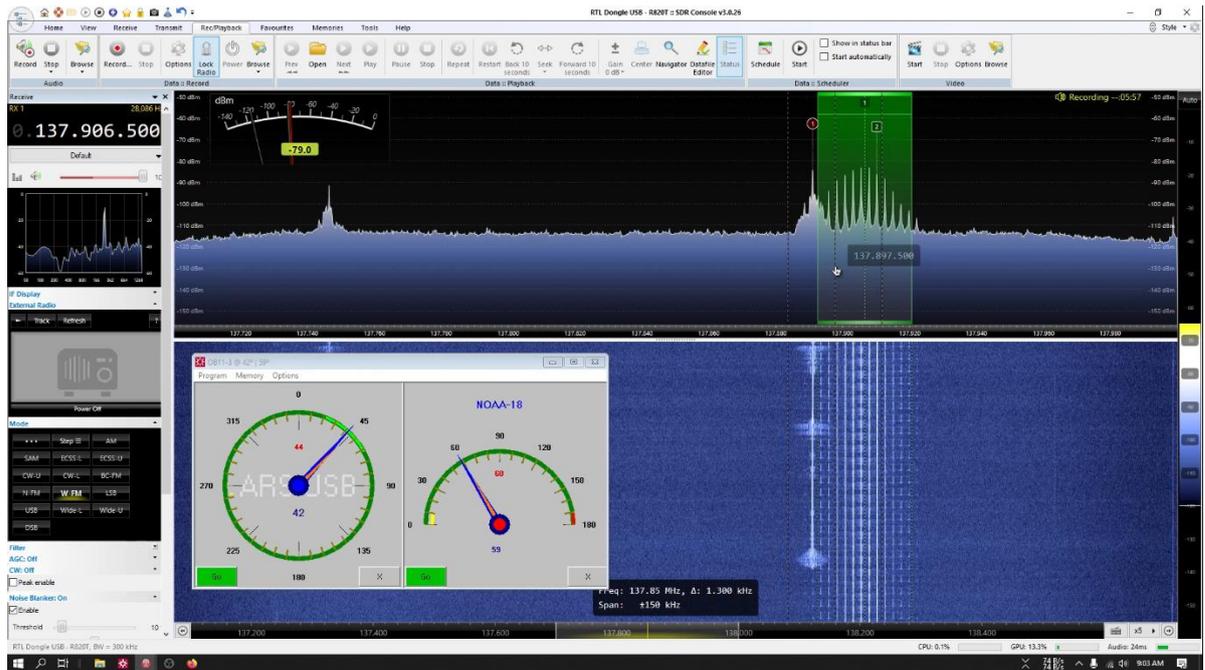


(d)

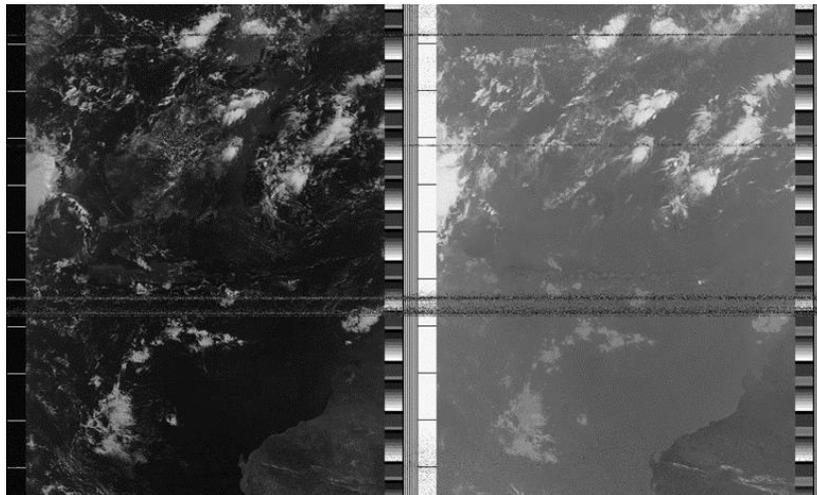
Gambar 3.1 Plot hasil simulasi STK dibandingkan dengan data dari n2yo.com untuk satelit NOAA-18: (a) Azimut-Waktu, (b) Elevasi-Waktu, (c) Elevasi-Azimut, (d) Skyplot

Tabel 3.1 Data hasil kekuatan maksimum penerimaan sinyal komunikasi dengan beberapa satelit POES

No.	Nama satelit, jam/tanggal mulai	Sinyal maks.	Maks. elevasi	Elevasi mulai komunikasi	Elevasi selesai komunikasi
1	NOAA-19, 20/03/2021 17.21	-89,5 dBm	17°	10°	5°
2	NOAA-15, 20/03/2021 18.05	-90,7 dBm	24°	6°	2°
3	NOAA-19, 20/03/2021 19.02	-87,7 dBm	22°	10°	6°
4	NOAA-15, 20/03/2021 19.44	-89,7 dBm	22°	10°	4°
5	NOAA-15, 21/03/2021 06.45	-74,3 dBm	80°	5°	4°
6	NOAA-18 21/03/2021 08.56	-81,6 dBm	74°	5°	10°

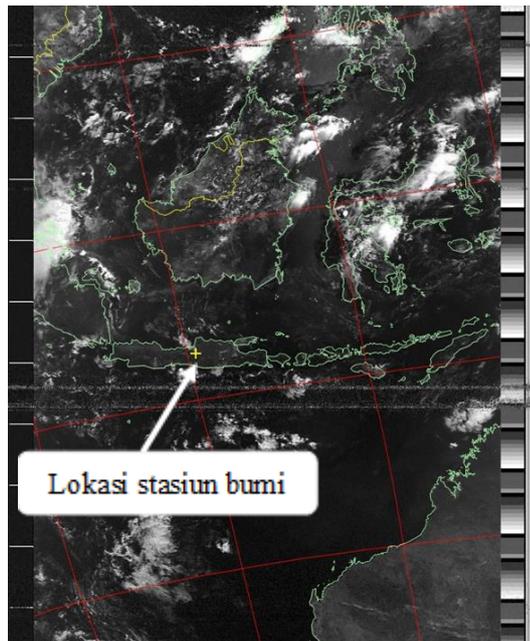


Gambar 3.2 Spektrum transmisi NOAA-18 21 Maret 2021 jam 08.56 WIB dimonitor menggunakan SDR Console V3



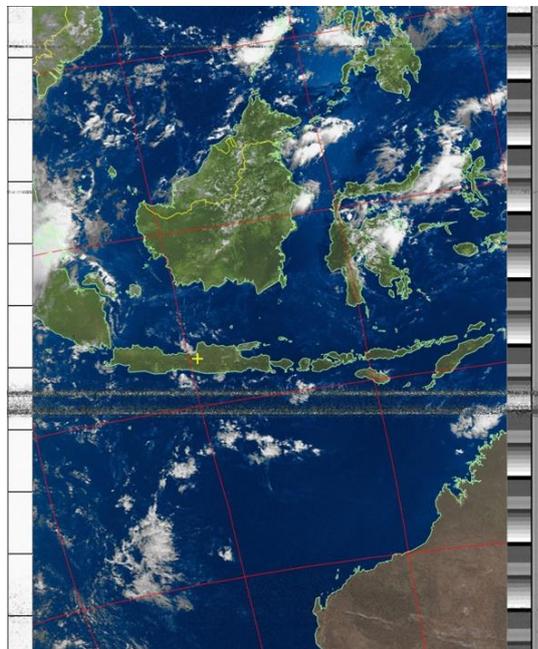
Gambar 3.3 Pristine image dari satelit NOAA-18

Gambar 3.3 menunjukkan gambar murni (*pristine*) dari hasil penerimaan transmisi. *Pristine image* adalah gambar yang merepresentasikan data digital yang asli dan digunakan untuk proses yang lebih jauh menggunakan perangkat lunak lain. Menonaktifkan gamma, penajaman, rotasi, *despeckling*, dan peningkatan lainnya[12]. Dari gambar bisa terlihat yaitu gambar asli yang menghasilkan dua gambar yang mempunyai dua kontras yang berbeda.



Gambar 3.4 *Contrast A Image* dari satelit NOAA-18

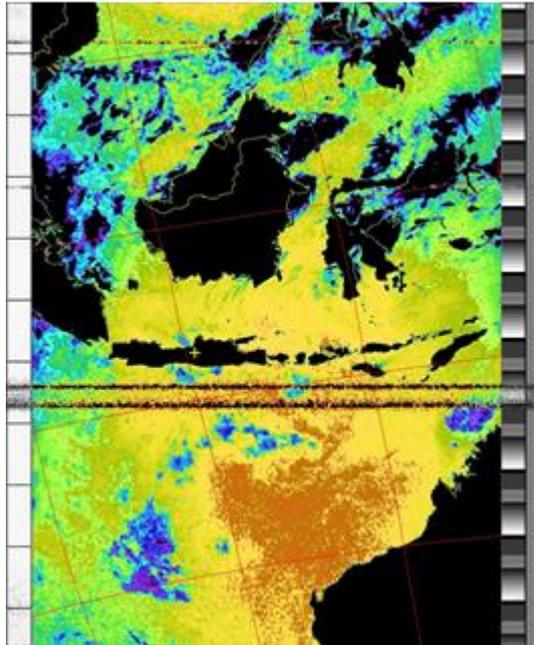
Gambar 3.4 menunjukkan gambar *contrast A* dari hasil penerimaan transmisi. *Contrast A image* adalah gambar yang sama dengan gambar murni, tetapi dengan kontras satunya (yang lebih gelap) tetapi ditambahkan kontur – kontur yang membedakan antara pulau, lautan, dan awan. Dari gambar tersebut bisa terlihat kontur pulau Indonesia, yaitu setengah dari pulau Sumatera, pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, dan Sulawesi dengan sedikit bagian dari pulau Australia. Tanda “+” berwarna kuning menunjukkan koordinat lokasi stasiun bumi yang dipakai pada saat penerimaan transmisi yaitu pada sebuah kota di Jawa Tengah.



Gambar 3.5 *MSA (Multi Spectral Analysis) Image* dari satelit NOAA-18

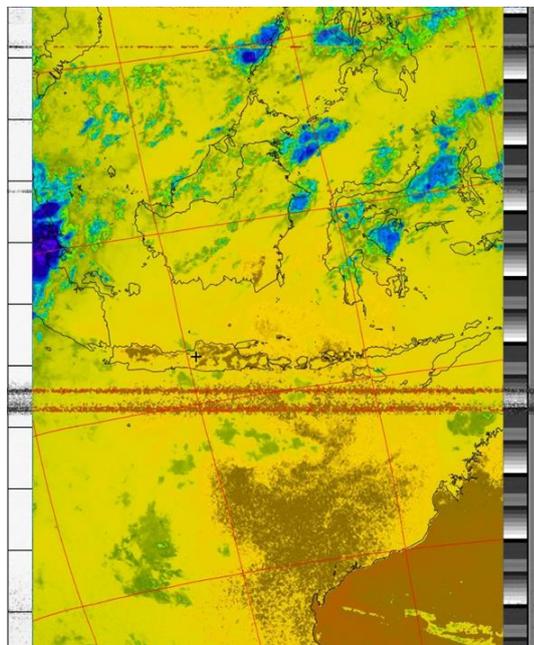
Gambar 3.5 menunjukkan gambar *MSA (Multi Spectral Analysis)* yang merupakan hasil *enhancement* dari gambar murni yang sebelumnya ditunjukkan pada gambar 3.4. *MSA* adalah gambar yang menggunakan gambar saluran NOAA 2-4 dan menentukan wilayah mana yang paling mungkin menjadi awan, darat, atau laut berdasarkan analisis dari dua gambar tersebut. Hasilnya, menghasilkan gambar *false colour* yang jelas. Peningkatan ini tidak menggunakan

palet dan juga suhu tidak dinormalisasi[12]. Perbedaan gambar 3.4 dengan 3.5 adalah dimana gambar 3.5 (MSA) lebih jelas membedakan antara darat, laut dan awan dikarenakan warna yang lebih jelas untuk gambar MSA.



Gambar 3.6 *Sea Surface Temperature Image* dari satelit NOAA-18

Gambar 3.6 menunjukkan gambar *sea surface temperature* yang merupakan hasil *enhancement* dari gambar murni yang sebelumnya ditunjukkan pada gambar 3.5. MSA (*Multi Spectral Analysis*) adalah gambar yang dibuat dari gambar APT NOAA berdasarkan suhu permukaan laut. Suhu permukaan laut diperoleh dari gambar-gambar sensor 3 dan 4 untuk mewarnai gambar. Tidak ada upaya untuk membedakan awan atau daratan dari laut. Suhu permukaan laut mungkin salah karena adanya awan tipis atau kecil dalam piksel yang dievaluasi atau dari gangguan pada sinyal[12].



Gambar 3.7 *Thermal Image* dari satelit NOAA-18

Gambar 3.7 menunjukkan gambar *thermal*. *Thermal image* adalah gambar yang dibuat dari gambar APT NOAA berdasarkan suhu daratan. Gambar ini lebih berfokus kepada suhu daratan, sehingga bisa terlihat pada gambar yaitu beberapa daerah di pulau Jawa dan pulau Australia mempunyai suhu yang tinggi jika dibandingkan dengan daerah pulau lainnya. Warna biru kekuningan, biru muda hingga biru tua melambangkan awan (karena suhunya rendah) [8].

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan verifikasi simulasi STK dengan data N2YO, *updated*-TLE mempunyai hasil yang sangat mendekati dimana maksimal deviasi *azimuth* sebesar $5,6^\circ$ dan deviasi elevasi sebesar $2,45^\circ$. Simulasi dan animasi menggunakan Matlab/Simscapex berhasil memastikan bahwa gerakan sari sistem penjejak antenna secara aktual tidak akan bermasalah pada lokasi dengan ketersediaan ruang yang terbatas. Dari hasil uji coba komunikasi *ground station* pada tanggal 21 Maret 2021, dimana pada komunikasi berhasil mendapatkan data dapat terlihat bahwa sinyal NOAA-18 mempunyai transmisi puncak sinyal maksimal $-81,6$ dBm pada elevasi tertinggi 74° dengan frekuensi berjalan pada 137.9125 MHz. Komunikasi dimulai pada elevasi 5° dan mengakhiri penerimaan komunikasi pada elevasi 10° . Pada hasil uji coba penerimaan komunikasi pada tanggal 24 Maret 2021, gambar permukaan bumi telah berhasil dihasilkan dan mempunyai beberapa gambar yang berbeda. Untuk satelit NOAA, beberapa gambar yang dihasilkan adalah asli (hitam putih), *contrast A*, MSA (*multi spectral analysis*), *Sea surface temperature*, dan *thermal*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Velayudhan, S. "A Low, Cost Portable Ground Station to Track and Communicate with Satellites in VHF Band". Thesis. Dept of Elec., Comp. and Tele. Eng. Tech. Rochester Institute of Technology. New York. 2017.
- [2] Cakaj, S. "Practical horizon plane and communication duration for low earth orbiting (LEO) satellite ground stations" in 2009 WSEAS Transactions on Communications [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/229022121>.
- [3] Gupta, A., Chopra, S.R., " Designing and Testing of Quadrifilar Helix Antenna on NOAA Weather Satellite" in 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN). Noida, India. Mar. 7-8, 2019 pp. 785-790.
- [4] Borthomieu, Y. "Satellite Lithium-Ion Batteries" in Lithium-Ion Batteries. Netherlands. Elsevier. pp. 311–344. 2014.
- [5] Alam, M. M., Islam, M. M., Mansoor, A. T. "Fully Automated Satellite Tracking System for Directional Antenna". Thesis. Dept. Elec. Eng. BRAC Univ. Bangladesh. 2018.
- [6] EUMETSAT. 2007. "Programme background"http://www.eumetsat.int/Home/Main/What_We_Do/Satellites/EUMETSAT_Polar_System/Programme_Background/index.html?l=en (accessed June 3, 2021).
- [7] Anggara, R. S., Wijanto, H., Prasetyo, A.D., Syihabuddin B. "Automated Ground Station with Customized Rotator for Antenna Pointing using Compass Sensor" in IEEE International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, Bali, Indonesia, Nov. 24-25, 2014, pp. 59-64
- [8] NOAA. "POES Operational Status." [ospo.noaa.gov. https://www.ospo.noaa.gov/Operations/POES/status.html](https://www.ospo.noaa.gov/Operations/POES/status.html). (accessed November, 26th 2023).
- [9] Dredge, K., Arx, M. V., & Timmins, I. "LEO constellations and tracking challenges." [Online] Available: www.satellite-evolution.com (accessed November, 26th 2023).
- [10] Nordin, S, Aziz, A. "Retrieving sea surface temperature using NOAA APT data in Sabah coastal region". 2008 American Institutions of Physics. 2008.
- [11] Rizkinia, Mia. "Perhitungan dan Penentuan Lokasi Perbedaan Suhu Permukaan Laut Menggunakan data NOAA/AVHRR-APT". Thesis. Dept. Elec. Eng. Universitas Indonesia. Indonesia. 2008.
- [12] Abstract Technologies New Zealand Limited. "WXTOIMG (GUI) version 2.5.11" <https://www.wraase.de/download/wxtoimg/wxgui.pdf> (accessed November, 26th 2023).