

# PERHITUNGAN RESOLUSI TEMPORAL SISTEM SAR SATELIT MIKRO MELALUI SIMULASI

## TEMPORAL RESOLUTION CALCULATION OF MICRO SATELLITE SAR SYSTEM VIA SIMULATION

Harry Septanto  
Pusat Teknologi Satelit, LAPAN  
harry.septanto@lapan.go.id

### Abstrak

Resolusi temporal merupakan salah satu aspek yang menggambarkan kinerja satelit dengan misi penginderaan jauh, termasuk satelit mikro dengan muatan sistem SAR (*synthetic aperture Radar*) dengan antena berjenis parabola. Akibat memiliki keterbatasan ukuran dimensi dan massanya, satelit mikro memiliki ketersediaan daya yang terbatas pula. Dengan demikian, waktu pengoperasian sistem SAR akan berkaitan dengan ketersediaan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh satelit. Hal ini menyebabkan intensitas cahaya matahari tersebut menjadi syarat dalam menghitung resolusi temporal sistem SAR satelit mikro. Makalah ini membahas perhitungan resolusi temporal dengan pendekatan simulasi dengan melibatkan kondisi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh satelit. Simulasi dilakukan dengan studi kasus orbit satelit ALOS-2, area target sekitar Pontianak dan dua nilai parameter sistem SAR, yaitu sudut tengok  $-26^{\circ}$  dan  $+26^{\circ}$ . Berdasarkan data hasil simulasi, untuk kedua nilai sudut tengok tersebut, banyaknya *revisit*, dengan syarat intensitas cahaya matahari tadi, tidak memiliki selisih yang jauh berbeda. Namun, bila ditinjau lebih rinci, sistem SAR dengan sudut tengok  $= -26^{\circ}$  memiliki nilai resolusi temporal jauh lebih baik. Selanjutnya, apabila satelit mikro dapat mengoperasikan sistem SAR dengan dua sudut tengok tersebut, maka nilai resolusi temporal yang terjadi akan menjadi lebih baik secara signifikan.

Kata kunci: resolusi temporal, satelit mikro, *synthetic aperture radar*, intensitas matahari, simulasi.

### Abstract

*Temporal resolution is an aspect depicts performance of remote sensing satellites including micro satellite that brings a payload consists of SAR (synthetic aperture radar) system with its parabolic type antenna. Because of its constraints of dimension and mass size, a micro satellite's available power will also limited. Hence, operation time of SAR system will be depend upon the availability of sunlight intensity to the satellite. It implies to regard the sunlight intensity as condition in calculating of micro satellite SAR system temporal resolution. This paper addresses temporal resolution calculation using simulation approach that regards condition of the sunlight intensity to the satellite. Simulations are done with case study of ALOS-2 satellite orbit, target area around Pontianak city and two values of a SAR system parameter, i.e. look angle  $-26^{\circ}$  and  $+26^{\circ}$ . In according to simulation data, total revisits, with the sunlight intensity condition, of both look angle values have no wide difference. Nevertheless, in more detail analysis, one may conclude that SAR system with look angle  $= -26^{\circ}$  has much better temporal resolution. Furthermore, if the micro satellite able to operate its SAR system with both look angles, then the temporal resolution will significantly improve.*

*Keywords: temporal resolution, micro satellite, synthetic aperture radar, sunlight intensity, simulation.*

## 1. PENDAHULUAN

Penelitian yang berkaitan dengan sistem sensor SAR (*synthetic aperture radar*) sebagai muatan (*payload*) satelit kecil (*micro/ small satellite*) dengan misi observasi Bumi telah marak dilakukan beberapa tahun terakhir ini. Merancang sistem SAR yang memenuhi berbagai batasan (*constraint*) satelit kecil yang ketat—meliputi batasan ukuran geometri dan massa yang berimplikasi pada keterbatasan daya dan sebagainya—memiliki tantangan tersendiri. Sebagian dari berbagai upaya penelitian mengenai

sensor SAR untuk satelit mikro dilakukan sebagai bagian kegiatan yang terintegrasi dengan pengembangan satelit mikro. Pengembangan sistem SAR yang dilakukan oleh Vinay Ravindra dkk. [1], misalnya, dilakukan sebagai bagian dari kegiatan pengembangan satelit yang dilakukan oleh JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) bernama MicroXSAR [2]. Selain itu, pengembangan sistem SAR yang dilakukan oleh *Chiba University* [3] merupakan bagian dari kegiatan kerja sama pengembangan satelit antara LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) dan *Chiba University* (LAPAN-A5/ LAPAN-ChibaSat) [4].

Parameter kinerja sistem satelit penginderaan jauh (*remote sensing*) dengan misi observasi Bumi adalah resolusi temporal, selain resolusi spasial dan resolusi spektral (untuk kasus muatan optik) [5]. Akibatnya, perhitungan resolusi temporal menjadi aspek yang penting di dalam perancangan satelit dengan misi observasi Bumi dengan muatan sensor SAR. Resolusi temporal tersebut direpresentasikan dengan parameter yang disebut *revisit time* atau RT. Berbagai cara perhitungan RT telah banyak dilaporkan. Demikian pula dengan upaya perancangan orbit satelit di mana RT menjadi parameternya.

Nadoushan dan Assadian di [6] mengusulkan metode baru untuk merancang orbit yang memiliki pengulangan jejak di permukaan Bumi (*repeat ground track orbit*) melalui penerapan Teori Bilangan (*Number Theory*), yaitu teorema Bezout. Nilai RT yang diinginkan menjadi parameter perancangan orbit tersebut, di mana nilainya direpresentasikan dalam parameter sub-siklus yang dihitung mengikuti persamaan Diophantine. Pada pustaka [7], A. J. E. Smith memaparkan metode praktis menghitung RT untuk satelit SAR berdasarkan jejak orbit satelit di permukaan Bumi (*ground track*) di mana lokasi/ titik target dapat dicitrakan (diobservasi). *Ground track* tersebut disimulasikan dengan menjalankan simulasi propagator orbit dalam MATLAB.

Hae-Dong Kim dkk. dalam pustaka [8] memaparkan metode perancangan orbit satelit di orbit LEO (*low Earth orbit*) menggunakan algoritma genetik (*genetic algorithm*). Perhitungan dilakukan untuk dua studi kasus dalam aspek variabel orbit yang ingin dicari solusinya: satu variabel (*semi-major axis*) dan tiga variabel (*semi-major axis, inclination* dan *right ascension and ascending node*). Variabel yang dioptimasi meliputi RT rata-rata (*average revisit time*), konsumsi massa propelan (*fuel cost*) dan banyaknya peluang pengambilan citra target. Taibo Li dkk. [9] melaporkan perancangan orbit dengan pendekatan *circular revisit orbit* dalam rangka memperoleh orbit yang menghasilkan RT minimum atas suatu target di permukaan Bumi. Untuk keperluan perancangan orbit tersebut, syarat adanya solusi (*existence condition of solution*) dan banyaknya solusi dari tiga elemen orbit yang dicari—yaitu *semi-major axis, inclination* dan *right ascension and ascending node*—diberikan untuk tiga kasus lokasi target: ekuator, belahan Bumi sebelah Utara dan belahan Bumi sebelah Selatan.

Pada pustaka [10], Giacomo Taini dkk. memformulasikan kriteria-kriteria utama dalam merancang atau memilih orbit satelit di orbit LEO yang membawa muatan SAR atau optik. Kriteria-kriteria perancangan orbit pada prinsipnya merepresentasikan variabel perancangan dan parameter orbit yang diturunkan dari berbagai batasan dan kebutuhan sistem satelit dalam rangka menjalankan misi. Pada akhirnya, parameter orbit dipilih setelah melalui tarik-ulur (*trade-off*) atas kriteria-kriteria tersebut. Elizabeth W. Hayes [11] mengajukan metode perhitungan RT rata-rata melalui pendekatan model geometris. Metode perhitungan tersebut dapat mengakomodasi kasus satelit dengan sensor mengarah ke nadir (*down-looking*) maupun menengok (*side-looking*).

Sebelum membahas lebih jauh mengenai perhitungan RT tersebut, adalah hal yang menarik untuk memahami bahwa definisi RT tidak tunggal. Tanpa menutup kemungkinan ada definisi lain, paling tidak ada dua kelompok definisi RT atas suatu satelit tunggal (bukan satelit konstelasi) dari sudut pandang obyek yang diobservasi: (1) jeda waktu antara dua kali observasi berurutan atas suatu titik target (*target point/ spot*) yang sama di permukaan Bumi; (2) jeda waktu antara dua kali observasi berurutan atas suatu area (luasan daerah) target (*target area*) yang sama di permukaan Bumi. Definisi pertama digunakan, misalnya, oleh pustaka [6], [7], [8], [9] dan [11]. Definisi kedua digunakan, misalnya, oleh pustaka [10], [12] dan [13]. Kedua definisi RT tersebut dapat menjadi ekuivalen apabila titik target pada definisi pertama adalah titik pusat (*centroid*) dari area target pada definisi kedua dan medan pandang (*field of view*) sensor bersesuaian dengan—yaitu sama atau dapat melingkupi—area target. Kondisi ini digunakan, misalnya, pada pustaka [6]. Pada definisi kedua, jika pengulangan observasi tersebut diperkenankan untuk hanya sebagian area target, maka definisi RT tersebut ekuivalen dengan definisi RT yang digunakan pada [14] dan definisi *access revisit* atas suatu area target pada pustaka [15]. Resolusi temporal yang selanjutnya dibahas dalam makalah ini adalah RT dengan definisi yang kedua. Secara

umum, kerangka makalah ini meliputi formulasi permasalahan dan tujuan penelitian yang akan dibahas pada bab 2. Metode perhitungan resolusi temporal yang diajukan dalam rangka menyelesaikan permasalahan akan dibahas pada bab 3. Pada bab 4, simulasi dan analisis dengan studi kasus orbit sebuah satelit SAR dipaparkan. Bagian utama makalah ini akan ditutup dengan kesimpulan pada bab 5.

## 2. PERMASALAHAN DAN TUJUAN PENELITIAN

Kegiatan perancangan LAPAN-A5 yang akan membawa muatan sistem SAR pulsa (*pulsed SAR*) buatan *Chiba University* [4] meliputi banyak aspek, di mana salah satunya adalah penelitian mengenai perhitungan RT satelit SAR. Perhitungan RT ini, misalnya, berguna untuk keperluan perancangan rencana pemanfaatan citra yang akan dihasilkan. Selain itu, LAPAN-A5 dirancang untuk menjadi kelas satelit mikro, di mana hingga saat ini belum ada satelit mikro dengan muatan SAR yang telah mengorbit. Batasan kelas satelit mikro tersebut berimplikasi pada keterbatasan ukuran dimensi dan massanya. Pada akhirnya, satelit mikro memiliki ketersediaan daya yang terbatas pula.

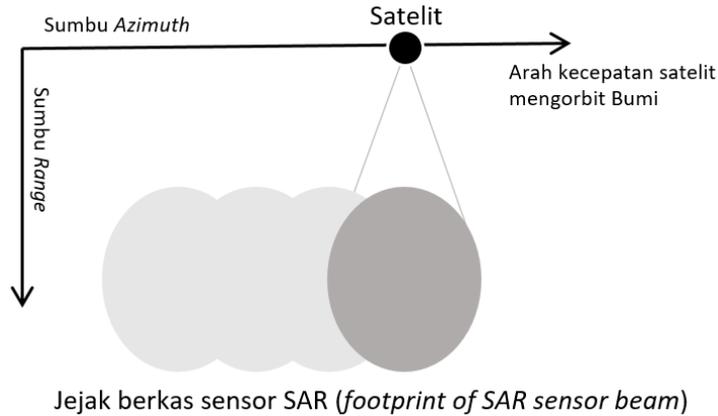
Di sisi lain, sistem SAR pulsa memerlukan daya yang besar [16]. Dengan demikian, adanya intensitas cahaya matahari yang diterima oleh satelit menjadi kondisi yang harus dipenuhi saat sistem SAR beroperasi. Hal ini berakibat kondisi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh satelit tersebut menjadi syarat dalam menghitung resolusi temporal sistem SAR satelit mikro. Metode perhitungan yang dilaporkan pada [6] - [13] tidak menjadikan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh satelit sebagai syarat dalam perhitungan resolusi temporal. Perhitungan resolusi temporal yang dibahas pada makalah ini melibatkan kondisi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh satelit.

## 3. METODE

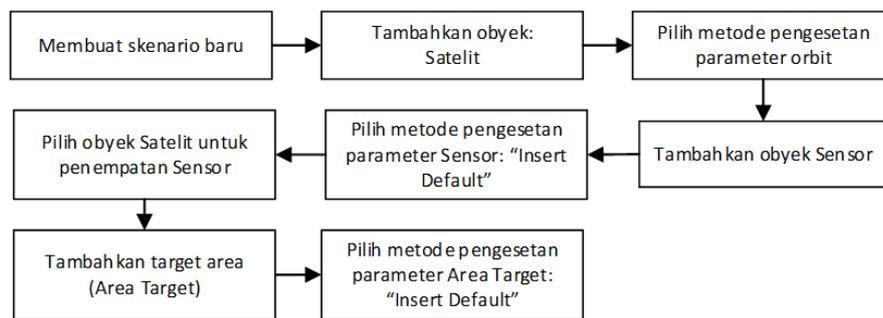
Pada makalah ini, perhitungan resolusi temporal dilakukan dengan pendekatan simulasi menggunakan perangkat lunak STK (*System Tool Kit*). STK merupakan perangkat lunak yang biasa digunakan untuk melakukan analisis resolusi temporal, seperti yang dilaporkan, misalnya, di dalam [8], [14] dan [15]. Berbeda dengan penelitian yang dilaporkan oleh ketiga pustaka tersebut, di mana menggunakan STK versi berbayar, penelitian yang dilaporkan pada makalah ini menggunakan STK versi tak berbayar (*free license*). Selanjutnya, berikut ini adalah asumsi-asumsi dan batasan-batasan umum dalam rangka melakukan perhitungan RT:

- Satelit mengelilingi Bumi pada orbit sirkular (*circular orbit*).
- Resolusi temporal yang dibahas dalam makalah ini adalah RT dengan definisi yang merujuk pada pustaka [14] dan [15], namun melibatkan kondisi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh satelit.
- Intensitas matahari yang diterima satelit diasumsikan ekuivalen dengan intensitas matahari yang diterima sel surya satelit.
- Antena SAR yang dibawa oleh satelit berjenis parabola, seperti desain antena yang dilaporkan pada [3].
- Mode SAR yang dijalankan adalah *strip-map*, di mana pita citra yang terbentuk paralel dengan lintasan atau orbit satelit (Gambar 1).

Di dalam metode perhitungan resolusi temporal ini, ada dua tahap yang dilakukan, yaitu tahap simulasi dan tahap memperoleh data untuk analisis. Simulasi diawali dengan mendefinisikan skenario simulasi melalui alur perancangan yang ditampilkan pada Gambar 2. Di dalam pembuatan skenario itu ada tiga bagian utama yang perlu disiapkan, yaitu pengesetan model atau propagator orbit, pengesetan model sensor SAR dan pengesetan *target area*.

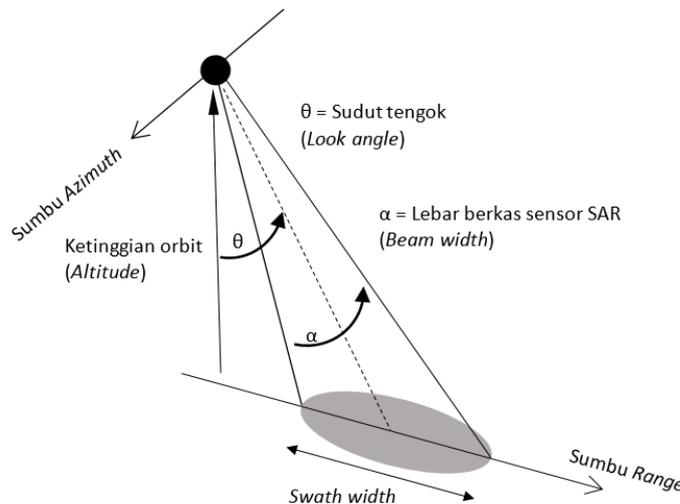


Gambar 1. Ilustrasi sistem SAR dengan mode *strip-map*

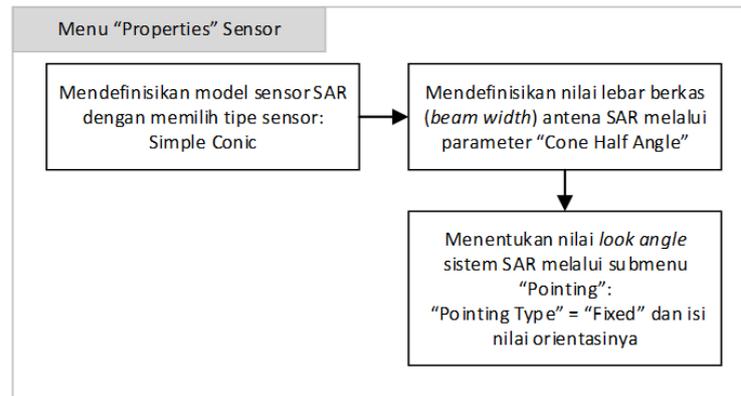


Gambar 2. Alur pembuatan skenario simulasi

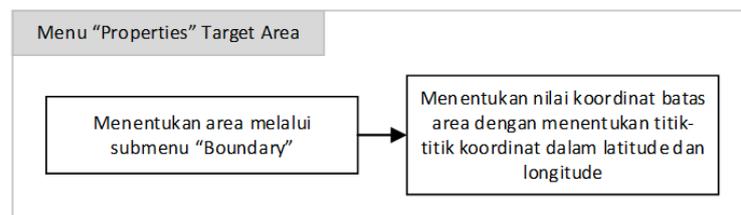
Sensor atau antena SAR yang berjenis parabola dimodelkan dengan sensor bertipe *Simple Conic* karena keduanya memiliki bentuk jejak berkas antena (*footprint of antenna beam*) ideal yang sama. Pada Gambar 3, parameter-parameter SAR yang diset pada model sensor ditampilkan: lebar berkas (*beam width*) antena SAR—yang merepresentasikan *swath width*—dan sudut tengok (*look angle* atau *off nadir angle*). Pada kasus orbit sirkular, sudut tengok memungkinkan diset pada model sensor karena pada prinsipnya yang dilakukan adalah pengesetan sudut tata acuan koordinat (TAK) sensor terhadap TAK satelit—di mana TAK terkait massa dan geometri dianggap berhimpitan—dan secara otomatis simulasi akan menjalankan mode satelit yang mengarah ke nadir, yaitu TAK satelit berhimpitan dengan TAK *Vehicle Velocity, Local Horizontal (VVLH)*. Alur pengesetan model sensor SAR tersebut diberikan pada Gambar 4. Selanjutnya, alur pengesetan area target diberikan pada Gambar 5.



Gambar 3. Parameter-parameter sistem SAR



Gambar 4. Alur pengesetan model sensor SAR



Gambar 5. Alur pengesetan Area target

Selanjutnya, dalam rangka memperoleh data untuk perhitungan resolusi temporal, ada dua macam data yang dibangkitkan (*generated*) di STK, yaitu data akses sensor ke area target dan data intensitas matahari terhadap satelit. Terakhir, pengolahan data secara lebih rinci dilakukan dalam *spreadsheet*.

## 4. SIMULASI DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengesetan Simulasi

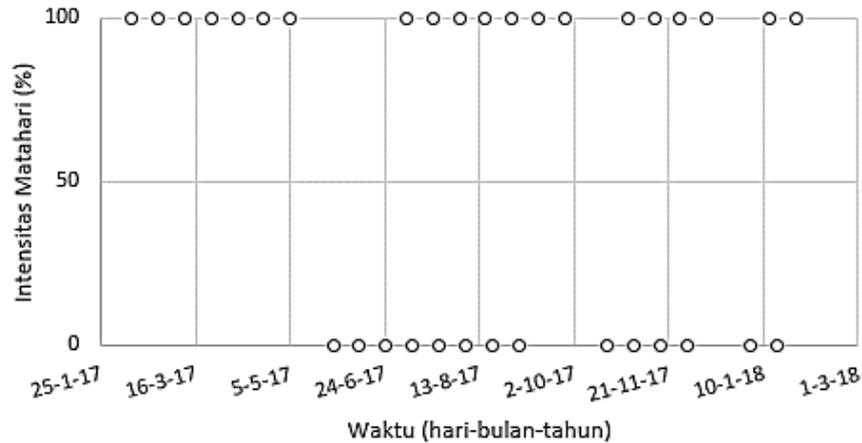
Parameter orbit yang digunakan pada simulasi adalah nilai TLE (*two-line element*) dari satelit ALOS-2 yang diperoleh melalui situs Celestrak.com. ALOS-2 merupakan satelit dengan orbit *Sun-synchronous* mendekati sirkular (*near-circular*) dengan misi observasi Bumi menggunakan SAR [17]. Sementara itu, area target yang didefinisikan adalah daerah dengan luas sekitar 12,4 ribu km<sup>2</sup> dengan titik pusat sekitar kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia. Sistem SAR satelit yang disimulasikan adalah untuk nilai sudut tengok +26° dan -26°. Data yang dibangkitkan untuk keperluan perhitungan RT adalah data simulasi dalam durasi selama setahun. Secara kuantitatif, nilai parameter-parameter simulasi tersebut diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai parameter-parameter simulasi

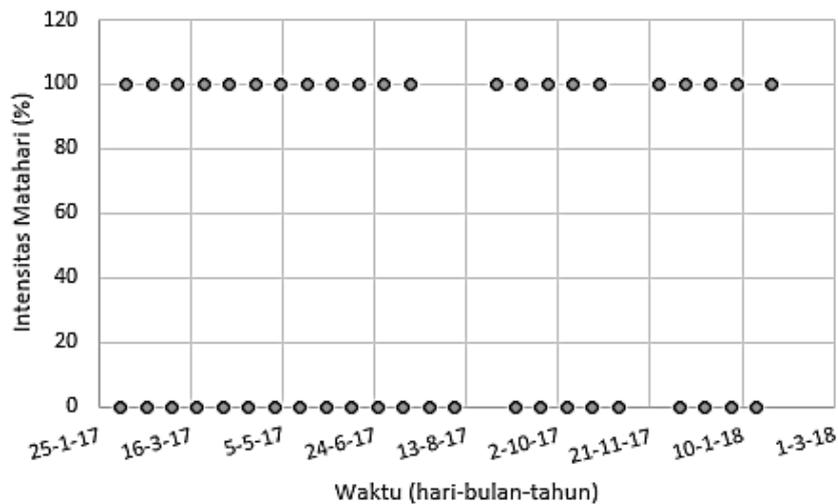
Parameter	Nilai
<b>Orbit</b>	TLE ( <i>two line element</i> ): 1 39766U 14029A 17077.89277501 .00000143 00000-0 26056-4 0 9999 2 39766 97.9191 176.5198 0001674 90.1758 269.9630 14.79472316152258
<b>Sensor</b>	Parameter pada tipe Simple Conic: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cone Half Angle = 0.92°</li> <li>• Pointing 1: Euler Angle 121 dengan nilai orientasi = (26°, 0, 0)</li> <li>• Pointing 2: Euler Angle 121 dengan nilai orientasi = (-26°, 0, 0)</li> </ul>
<b>Area Target</b>	(Latitude, Longitude): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Titik 1 (-0.5°, 109°)</li> <li>○ Titik 2 (0.5°, 109°)</li> <li>○ Titik 3 (0.51°, 110°)</li> <li>○ Titik 4 (-0.51°, 110°)</li> </ul>
<b>Waktu</b>	30 Januari 2017, jam 05:00 UTC – 30 Januari 2018, jam 05:00 UTC

## 4.2. Hasil Simulasi dan Pembahasan

Data hasil simulasi yang menggambarkan waktu (tanggal) ketika jejak berkas SAR mengakses area target selama setahun ditampilkan pada Gambar 6 (untuk pengesetan sudut tengok  $26^{\circ}$ ) dan Gambar 7 (untuk pengesetan sudut tengok  $-26^{\circ}$ ). Kedua grafik tersebut juga menunjukkan bahwa intensitas matahari yang diterima oleh satelit yang terjadi hanya dua nilai, yaitu 0 (*umbra*) dan 100% (*sunlight*).



**Gambar 6.** Waktu dan intensitas matahari ketika *footprint* sensor SAR mengakses *target area* (Sudut tengok =  $26^{\circ}$ )



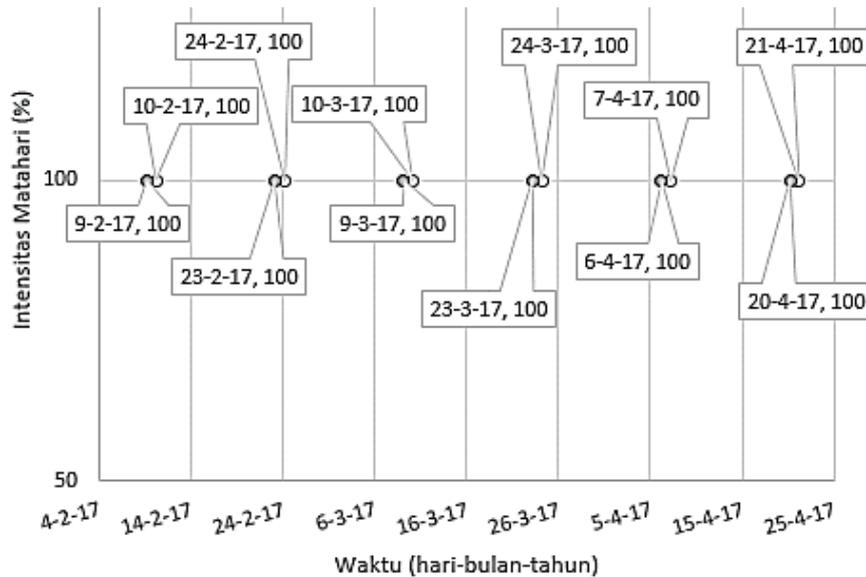
**Gambar 7.** Waktu dan intensitas matahari ketika *footprint* sensor SAR mengakses *target area* (Sudut tengok =  $-26^{\circ}$ )

Secara umum, hasil simulasi dengan pengesetan nilai sudut tengok =  $-26^{\circ}$  menghasilkan lebih banyak terjadinya akses (*revisit*) dibandingkan dengan yang nilai sudut tengok =  $26^{\circ}$ , yaitu 45 : 34 kali *revisit*. Namun demikian, dengan menjadikan kondisi bahwa satelit mikro memperoleh intensitas cahaya matahari 100% sebuah syarat dalam menjalankan sistem SAR, banyaknya *revisit* yang terjadi untuk kedua sistem SAR menjadi turun dengan selisih yang tidak jauh berbeda, yaitu 22 kali *revisit* untuk sudut tengok =  $-26^{\circ}$  dan 20 kali *revisit* untuk sudut tengok =  $26^{\circ}$ . Dengan memperhatikan syarat tersebut, RT rata-rata yang terjadi yaitu sekitar 17 hari untuk sudut tengok =  $-26^{\circ}$  dan sekitar 18 hari untuk sudut tengok =  $26^{\circ}$ . Nilai RT dihitung dengan cara mencari selisih antara dua waktu akses yang berurutan dan RT rata-rata adalah jumlah keseluruhan RT dibagi banyaknya nilai RT [15].

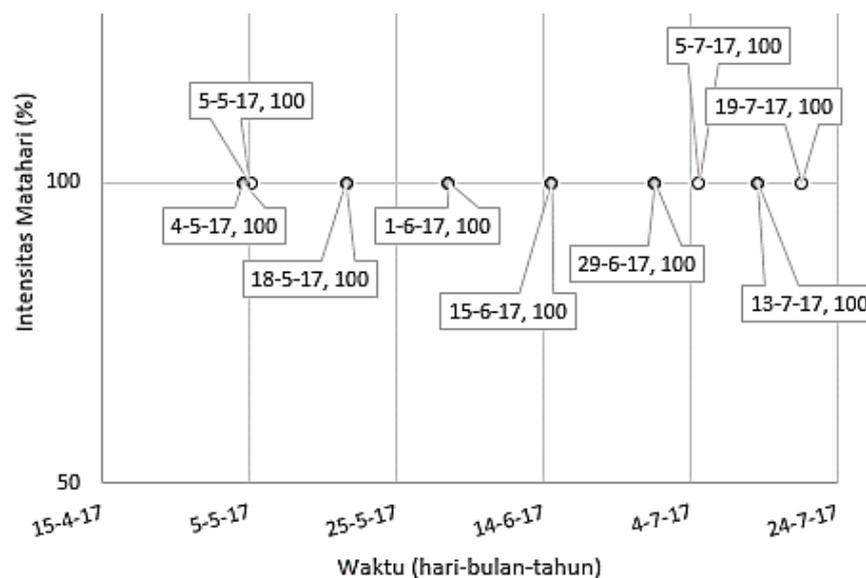
Selanjutnya, apabila diamati lebih rinci pada setiap nilai RT yang terjadi, maka untuk sudut tengok =  $-26^{\circ}$ , dari sebanyak 21 nilai RT, sistem SAR memiliki RT sekitar 14 hari sebanyak 18 nilai, sekitar 19 hari sebanyak satu nilai dan lebih dari sebulan sebanyak dua nilai. Sementara itu, untuk sudut tengok =

26<sup>0</sup>, dari sebanyak 19 nilai RT, ada sebanyak 16 nilai dengan RT sekitar 14 hari, dua nilai dengan RT sekitar sebulan dan satu nilai dengan RT sekitar dua bulan. Dengan demikian, RT paling banyak yang terjadi adalah 14 hari untuk kedua nilai sudut tengok.

Berikutnya, pertanyaan natural yang muncul adalah bagaimana RT yang terjadi jika sistem SAR satelit mikro ini mengakomodasi dua nilai sudut tengok tersebut. Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11 merepresentasikan grafik ketika *revisit* terjadi dengan kondisi tersebut. Secara keseluruhan, banyaknya akses yang terjadi adalah jumlah dari banyaknya *revisit* untuk sudut tengok = -26<sup>0</sup> dan sudut tengok = 26<sup>0</sup>, yaitu 42 kali. Sementara itu, RT rata-rata menjadi turun secara signifikan, yaitu menjadi sekitar 9 hari. Selanjutnya, apabila diinvestigasi lebih rinci lagi seperti di atas, maka tiga kelompok nilai yang terjadi yaitu, dari sebanyak 41 nilai RT, ada 23 nilai dengan RT 13-14 hari, ada 5 nilai dengan RT 6-8 hari dan ada 14 nilai dengan RT sekitar satu hari. Dengan demikian, nilai RT paling banyak yang terjadi mengalami perbaikan secara signifikan dan tidak ada lagi nilai RT lebih besar dari 14 hari.



Gambar 8. Waktu ketika *footprint* sensor SAR mengakses *target area* dengan intensitas matahari 100% (Februari-April 2017)



Gambar 9. Waktu ketika *footprint* sensor SAR mengakses *target area* dengan intensitas matahari 100% (Mei-Juli 2017)

sistem SAR dapat mengakomodasi kedua sudut tengok, yaitu  $-26^0$  dan  $26^0$ , maka perbaikan RT akan terjadi secara signifikan, baik dalam hal nilai RT rata-rata dan nilai RT yang paling banyak terjadi.

Arah penelitian selanjutnya adalah menerapkan metode perhitungan RT ini dalam analisis misi secara spesifik untuk satelit LAPAN-A5. Selain itu, metode perhitungan kinerja satelit dengan pendekatan simulasi ini juga dapat diperluas untuk keperluan perancangan sistem daya satelit dan sistem komunikasi untuk keperluan penjejakan dan pengendalian (*tracking and telecommand*) satelit.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Satriya Utama, MT yang telah meluangkan waktunya untuk menjawab berbagai pertanyaan dari penulis terkait STK. Terima kasih juga untuk Dwiyanto, MT yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi mengenai sistem SAR. Penulis juga ingin ucapkan terima kasih untuk Dr. Robertus Heru Triharjanto yang telah memberikan masukan terkait arah penelitian selanjutnya.

### PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Ravindra, P. Akbar, M. Zhang, J. Hirokawa, H. Saito, and A. Oyama, "A Dual Polarization X-Band Traveling-Wave Antenna Panel for Small Satellite Synthetic," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 65, no. 5, pp. 2144–2156, 2017.
- [2] H. Saito, "Compact X band synthetic aperture radar on 100kg small satellite," in *IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation*, 2015.
- [3] J. Tetuko, S. Sumantyo, N. Imura, and A. Budiyono, "Development of Synthetic Aperture Radar onboard UAV, Aircraft and Microsatellite," in *Proceeding of The 11th International Conference on Intelligent Unmanned Systems*, 2015.
- [4] R. H. Triharjanto and J. T. S. Sumantyo, "System Design of LAPAN-CHIBA Microsatellite," in *Conference Proceedings of 2013 Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR)*, 2013, pp. 5–10.
- [5] R. Sandau, K. Brieß, and M. D. Errico, "Small satellites for global coverage: Potential and limits," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 65, no. 6, pp. 492–504, 2010.
- [6] M. J. Nadoushan and N. Assadian, "Repeat Ground Track Orbit Design with Desired Revisit Time and Optimal Tilt," *Aerosp. Sci. Technol.*, vol. 40, pp. 200–208, 2015.
- [7] A. J. E. Smith, "A practical method for computing SAR satellite revisit times: application to RADARSAT - 1 and ENVISAT," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 28, no. 6, pp. 1123–1135, 2007.
- [8] H.-D. Kim, O.-C. Jung, and H. Bang, "A Computational Approach to Reduce the Revisit Time," in *Proceeding of International Conference on Control, Automation and Systems 2007*, 2007, pp. 184–189.
- [9] T. Li, J. Xiang, Z. Wang, and Y. Zhang, "Circular Revisit Orbits Design for Responsive Mission Over a Single Target," *Acta Astronaut.*, vol. 127, pp. 219–225, 2016.
- [10] G. Taini, A. Pietropaolo, and A. Notarantonio, "Criteria and Trade-offs for LEO Orbit Design," in *Proceeding of 2008 IEEE Aerospace Conference*, 2008, pp. 1–11.

- [11] E. W. Hayes, "Computation of Average Revisit Time for Earth Observing Satellites," in *Proceeding of AIAA 26th Aerospace Sciences Meeting*, 1988.
- [12] H. J. Kramer, *Observation of the Earth and Its Environment: Survey of Missions and Sensors*. Springer Berlin Heidelberg, 1996.
- [13] M. Mukhayadi, "LAPAN-TUBSAT Attitude Determination and Control System," in *LAPAN-TUBSAT: From Concept to Early Operation*, LAPAN, 2007, pp. 24–31.
- [14] K. Kamaladin and M. Okasha, "Low Inclination Circular Orbits for Remote Sensing Satellites," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 629, pp. 298–303, 2014.
- [15] H. Septanto, S. Utama, R. H. Triharjanto, and Suhermanto, "Indonesia Coverage Simulation of SAR Satellite at Near- Equatorial Orbit," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 54, 2017.
- [16] N. Ahmed and C. Underwood, "Monostatic CW SAR Concept for Microsatellites," in *Proceeding of 8th European Conference on Synthetic Aperture Radar*, 2010.
- [17] T. Yamamoto, Y. Arikawa, Y. Ueda, H. Itoh, Y. Nishida, S. Ukawa, H. Tsuru, and M. Yamamoto, "Autonomous Precision Orbit Control Considering Observation Planning: ALOS-2 Flight Results," *J. Guid. Control. Dyn.*, vol. 39, no. 6, pp. 1244–1264, 2016.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Harry Septanto  
Tempat & Tgl. Lahir : Bandung, 11 September 1980  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Instansi Pekerjaan : Pusat Teknologi Satelit, LAPAN  
NIP. / NIM. : 198009112006041014



### DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMA Negeri 5 Bandung Tahun: 1995-1998  
STRATA 1 (S.1) : Teknik Fisika ITB Tahun: 1998-2002  
STRATA 2 (S.2) : Teknik Elektro ITB Tahun: 2007-2010  
STRATA 3 (S.3) : Teknik Elektro dan Informatika ITB Tahun: 2010-2015

### ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl. Cagak Sateli km. 0.4, Rancabungur, Kab. Bogor, 16310  
Email : [harry.septanto@lapan.go.id](mailto:harry.septanto@lapan.go.id)