

## **OTOMATISASI PENJADWALAN MISI PENGAMATAN MEDAN MAGNET BUMI LAPAN-A3 MENGGUNAKAN *METODE FIXED- RADIUS NEAR NEIGHBORS***

### ***AUTONOMOUS LAPAN-A3 EARTH MAGNETIC FIELD OBSERVATION MISSION SCHEDULING BY USING FIXED-RADIUS NEAR NEIGHBORS METHOD***

Satriya Utama, Patria Rachman Hakim  
Pusat Teknologi Satelit, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)  
satriya.utama@lapan.go.id

#### **Abstrak**

Pengamatan medan magnet bumi merupakan salah satu misi dari satelit LAPAN-A3. Pada tahun pertama satelit LAPAN-A3 lebih berfokus pada misi pengamatan bumi dengan kamera *multispectral* yang mengakibatkan misi pengamatan medan magnet bumi belum optimal. Dari pengamatan medan magnet bumi yang telah dilakukan menunjukkan sebaran wilayah cakupan belum merata. Pada penelitian ini disusun sistem otomatisasi penjadwalan misi pengamatan medan magnet bumi pada satelit LAPAN-A3 menggunakan metode *fixed-radius near neighbors*. Dari metode yang disusun telah berhasil memberikan rekomendasi penjadwalan misi pengamatan medan magnet bumi untuk melengkapi data yang telah diperoleh sebelumnya. Dalam waktu kurang dari 3 bulan penerapan metode ini cakupan medan magnet bumi naik dari 38,19% menjadi 60,34% untuk resolusi 1°.

Kata kunci: LAPAN-A3, medan magnet bumi, otomatisasi penjadwalan misi, *fixed-radius near neighbors*

#### **Abstract**

*Earth magnetic field observation is one of LAPAN-A3 satellite mission. In the first year, LAPAN-A3 satellite is focused on earth observation mission using multispectral imager hence the earth magnetic field observation was not optimum. From the earth magnetic field observation that has been done shown that the covered area are not uniformly distributed. In this research a method for autonomous scheduling for earth magnetic field observation mission is built by using fixed-radius near neighbors. From the method, recommendation for earth magnetic field mission schedule to complete old data was produced. In less than 3 months, earth magnetic coverage increase from 38.19% to 60.34% for 1° resolution.*

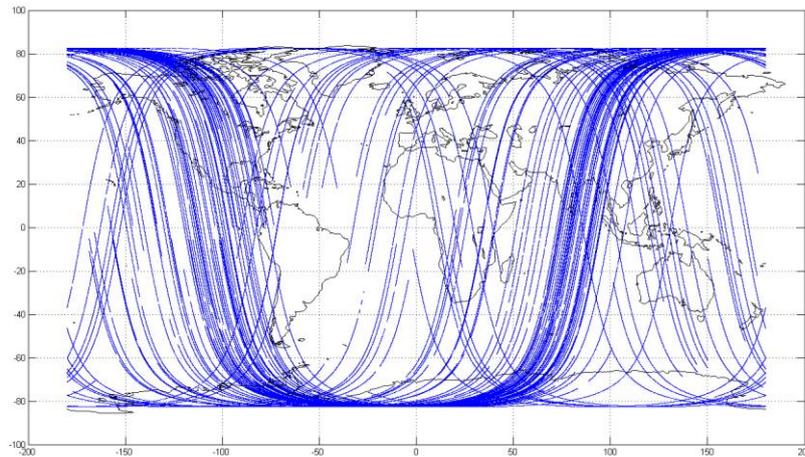
*Keywords: LAPAN-A3, earth magnetic field, autonomous mission scheduling, fixed-radius near neighbors*

## **1. PENDAHULUAN**

Satelit LAPAN-A3 merupakan satelit buatan Indonesia yang telah diluncurkan pada tahun 2016. Satelit LAPAN-A3 memiliki misi utama pemantauan bumi dan penginderaan jauh. Selain misi utama tersebut, satelit LAPAN-A3 juga membawa muatan *scientific* berupa *fluxgate magnetometer* yang memiliki fungsi untuk mengukur medan magnet bumi [1]. Muatan ini merupakan kerja sama antara dua kepusatan LAPAN yaitu Pusteksat (Pusat Teknologi Satelit) dan Pusainsa (Pusat Sains dan Antariksa). Pada tahun pertama operasi satelit LAPAN-A3 lebih berfokus pada misi utama pemantauan bumi menggunakan kamera *multispectral*. Memasuki tahun ke dua operasi satelit LAPAN-A3 dituntut pula menghasilkan data muatan lain dengan lebih baik, termasuk salah satunya data medan magnet bumi.

Pengamatan medan magnet bumi menggunakan satelit telah dilakukan sejak tahun 1979 dengan Magsat [2], kemudian diikuti satelit Ørsted di tahun 1999 [3], satelit CHAMP di tahun 2000 [4], dan satelit Swarm di tahun 2013 [5]. Pengamatan data medan magnet bumi sudah dilakukan satelit LAPAN-A3 sejak November 2016. Gambar 1 menunjukkan pengambilan data medan magnet bumi yang telah diperoleh hingga 24 Januari 2018. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pengambilan data medan

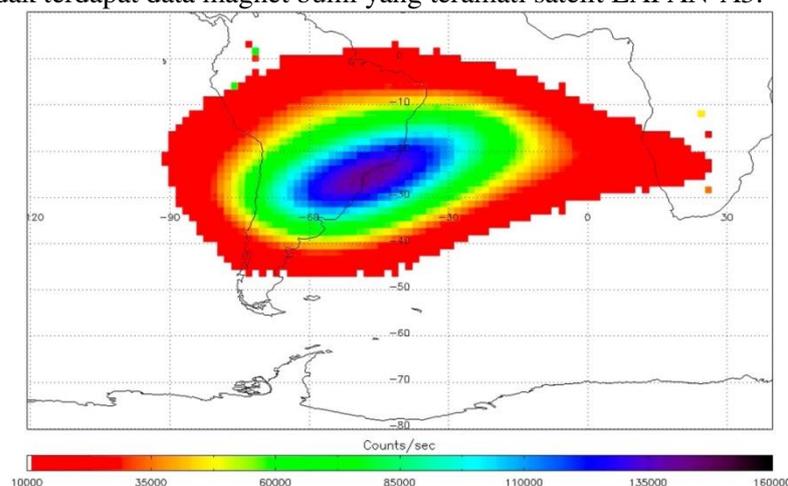
magnet tidak merata di seluruh wilayah bumi. Secara umum terlihat pengambilan data terkumpul pada wilayah di sekitar India hingga Amerika Serikat, sedangkan pada wilayah Asia Timur hingga Australia, Eropa dan Afrika data yang telah ada sangat jarang. Berdasarkan [6] distribusi data medan magnet bumi pada arah lintang dan bujur merupakan suatu hal yang penting selain distribusi temporal untuk membuat model medan magnet bumi.



**Gambar 1. Cakupan Data Medan Magnet Bumi LAPAN-A3 Hingga 24 Januari 2018**

Permasalahan utama yang dihadapi adalah pembagian jadwal dengan misi lain yang lebih utama seperti pengamatan bumi dengan kamera *multispectral* yang berfokus untuk mengamati wilayah Indonesia [7]. Misi tersebut mengakibatkan keterbatasan pengambilan data medan magnet bumi pada wilayah sekitar Indonesia. Hal ini dapat diatasi dengan pengambilan data magnet bumi di sekitar Indonesia dilakukan pada malam hari dimana tidak ada misi kamera *multispectral*. Selain masalah waktu pengambilan data muatan lain, pengambilan data juga dibatasi oleh memori satelit LAPAN-A3 yang terbatas.

Permasalahan lain adalah adanya SAA (*South Atlantic Anomaly*) pada wilayah Atlantik Selatan ini cukup rentan bagi satelit pada ketinggian orbit rendah untuk menyalakan beberapa perangkatnya dikarenakan adanya radiasi partikel berenergi tinggi [8], seperti terlihat pada Gambar 2. Sejak tahun 2010, pada satelit LAPAN-TUBSAT teramati adanya *latch-up* ketika satelit melewati SAA [9]. Untuk menghindari hal serupa terjadi pada satelit LAPAN-A3, maka misi satelit termasuk pengamatan medan magnet bumi pada wilayah ini sangat dihindari. Dapat dilihat pada Gambar 1 dimana daerah Atlantik Selatan hampir tidak terdapat data magnet bumi yang teramati satelit LAPAN-A3.



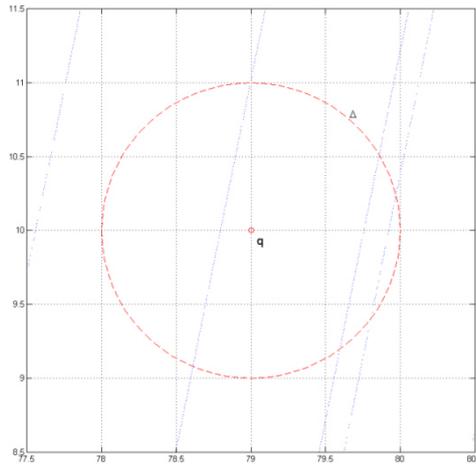
**Gambar 2. Intensitas Partikel Pada Wilayah SAA [8]**

Selain masalah teknis terdapat pula masalah non teknis untuk memilih rentang waktu mana yang merupakan rentang waktu terbaik untuk digunakan melengkapi pengambilan data magnet bumi yang telah dilakukan sebelumnya. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini disusun suatu metode

yang dapat menilai secara kuantitatif rentang waktu mana yang terbaik untuk mengambil data medan magnet bumi supaya dapat melengkapi data yang telah diperoleh sebelumnya dan menghasilkan distribusi data yang lebih merata.

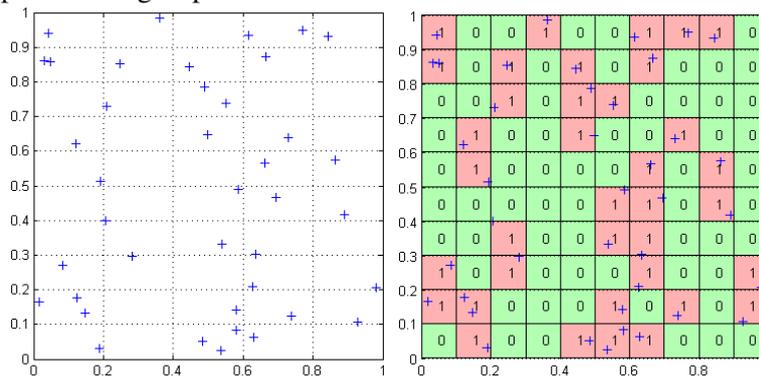
## 2. METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dibangun suatu metode yang dapat menilai secara kuantitatif suatu rentang waktu terbaik untuk satelit LAPAN-A3 mengambil data medan magnet bumi berdasarkan data medan magnet yang telah diperoleh sebelumnya. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *fixed-radius near neighbors problem* yang akan menghitung jumlah titik yang berada pada suatu radius  $\Delta$  dari suatu titik referensi  $q$  [10][11][12].



Gambar 3. Fixed-radius Near Neighbors

Untuk membedakan suatu wilayah telah terdapat data medan magnet bumi maka wilayah bumi dibagi ke dalam *grid* dengan ukuran tertentu. Wilayah bumi yang dibagi ke dalam *grid* adalah proyeksi merkator dari bumi. Ukuran *grid* memiliki satuan derajat seperti pada lintang dan bujur bumi. Untuk setiap *grid* yang terdapat data medan magnet bumi di dalamnya akan diberi nilai 1. Nilai 0 diberikan untuk *grid* yang tidak terdapat data medan magnet bumi di dalamnya. Gambar 4 menunjukkan contoh data asli dan hasil pembuatan *grid* pada data.



Gambar 4 Pembuatan *grid* data medan magnet bumi, (kiri) lokasi data asli, (kanan) hasil pembuatan *grid*

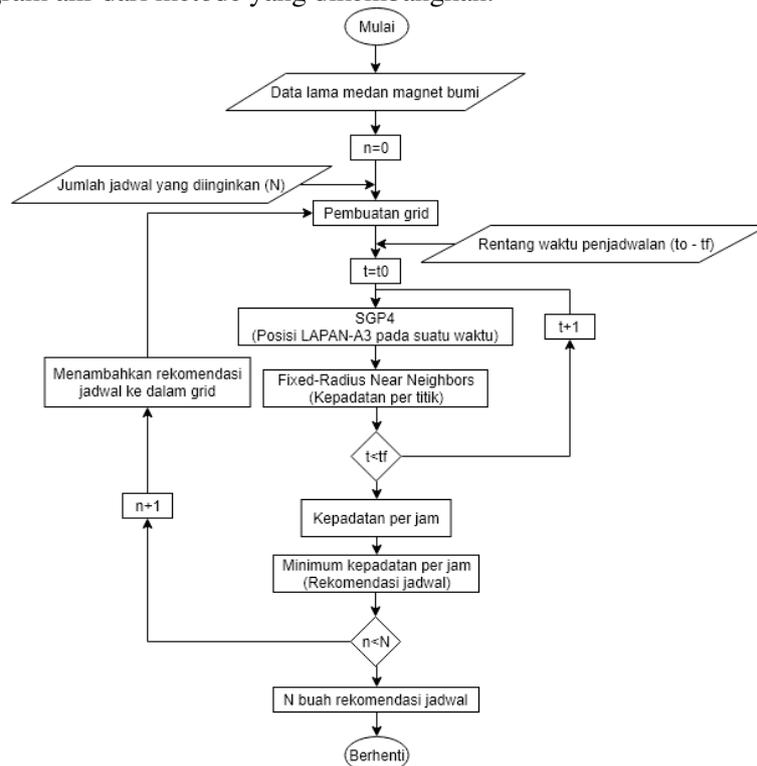
Pembuatan *grid* ini juga akan digunakan untuk menilai secara kuantitatif seberapa besar cakupan data medan magnet bumi yang telah dikumpulkan oleh satelit LAPAN-A3 dengan cara membandingkan jumlah *grid* yang bernilai 1 dengan total *grid* yang ada. Cara ini memiliki kelemahan yaitu untuk jumlah data asli yang sama besar wilayah yang dihitung telah tercakup akan sangat bergantung pada ukuran *grid* yang dibuat. Konsep ukuran *grid* di sini menyerupai resolusi pada citra, dimana citra resolusi menyatakan ukuran piksel. Sama seperti pada *grid* di sini, untuk tiap piksel hanya terdapat 1 nilai. Tabel 1 menunjukkan contoh cakupan medan magnet bumi oleh satelit LAPAN-A3 hingga 24 Januari 2018

dengan resolusi 0,1°, 0,2°, 0,5° dan 1°. Dapat dilihat bahwa makin besar resolusi maka makin besar wilayah cakupan.

**Tabel 1. Cakupan Medan Magnet Bumi Hingga 24 Januari 2018 untuk Beberapa Resolusi**

Resolusi (°)	Cakupan (%)
0,1	0,0444
0,2	0,1013
0,5	0,2332
1	0,3819

Posisi satelit pada tiap saat dapat dihitung dengan menggunakan propagator SGP4. Dengan menggunakan *fixed-radius near neighbors* dapat dihitung berapa banyak *grid* bernilai 1 yang berada di sekitar posisi satelit pada suatu saat. Jumlah *grid* bernilai 1 pada saat itu dihitung sebagai kepadatan per titik. Dengan menghitung kepadatan per titik yang dilalui satelit pada rentang waktu tertentu maka dapat dihitung kepadatan data pada rentang waktu tertentu itu. Rentang waktu yang memiliki jumlah kepadatan data paling kecil menunjukkan suatu rentang waktu yang paling jarang terdapat data medan magnet bumi yang telah teramati oleh satelit LAPAN-A3. Rentang waktu tersebut yang akan dijadikan sebagai rekomendasi jadwal misi pengamatan medan magnet bumi selanjutnya. Ketika diinginkan lebih dari satu rekomendasi jadwal dalam rentang waktu tertentu maka rekomendasi yang telah diperoleh sebelumnya akan dianggap sebagai data medan magnet yang baru untuk ditambahkan ke dalam *grid* yang telah dibuat sebelumnya. Selanjutnya dari *grid* baru tersebut dihitung rekomendasi jadwal yang baru. Hal tersebut dilakukan berulang hingga jumlah jadwal yang diinginkan tercapai. Gambar 5 menunjukkan diagram alir dari metode yang dikembangkan.



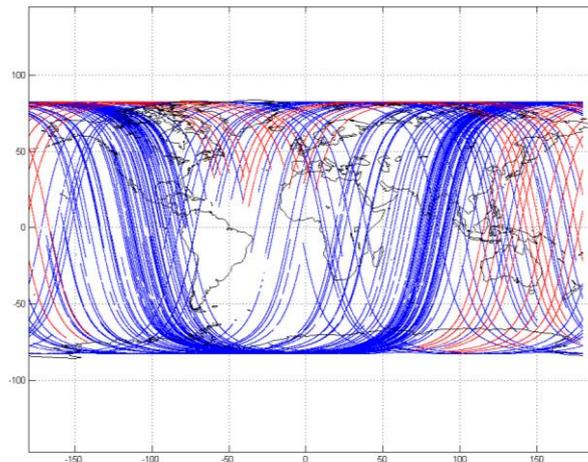
**Gambar 5. Diagram Alir Penjadwalan Otomatis Misi Pengamatan Medan Magnet Bumi**

Dalam menjalankan misi pengamatan medan magnet bumi terdapat tiga batasan. Batasan pertama terkait dengan SAA, dimana satelit diharapkan melakukan misi minimum ketika berada di atas wilayah tersebut. Batasan kedua terkait dengan misi kamera *multispectral* yang diambil di wilayah Indonesia pada pagi hari waktu lokal. Hal tersebut menyebabkan tidak mungkin melakukan misi pengamatan medan magnet bumi pada waktu tersebut. Untuk mengatasi kedua kendala tersebut ketika satelit berada di Atlantik Selatan atau di Indonesia pada jam misi kamera *multispectral* maka tidak dimasukkan ke dalam perhitungan. Batasan ketiga terkait dengan keterbatasan memori satelit LAPAN-A3 yang

digunakan untuk menyimpan, tidak hanya data medan magnet bumi. Untuk mengatasi hal ini maka pengamatan medan magnet bumi dibatasi maksimal 1 jam dalam sekali misi.

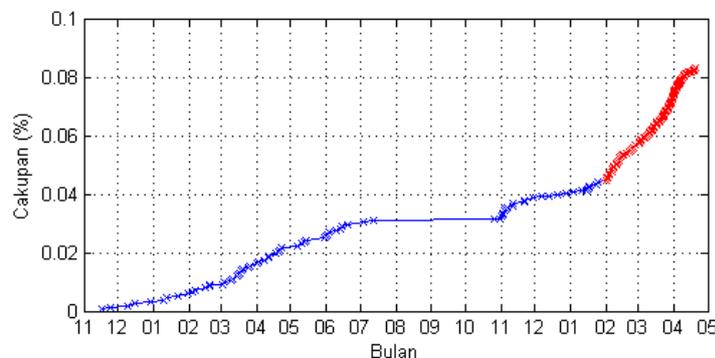
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terhitung mulai bulan Februari 2018 penjadwalan misi pengamatan medan magnet bumi dilakukan dengan lebih teratur baik melalui pemilihan jadwal secara manual (1-8 Februari 2018) maupun secara otomatis menggunakan metode yang dikembangkan pada penelitian ini. Gambar 6 menunjukkan hasil penjadwalan otomatis untuk rentang waktu penjadwalan 9 Februari 2018 jam 00:00:00 hingga 16 Februari 2018 jam 00:00:00 dengan jumlah jadwal yang diinginkan 15 kali pengamatan medan magnet bumi. Pada perhitungan ini digunakan ukuran grid  $0,1^\circ$  dan jari-jari *fixed-radius near neighbors*  $2^\circ$ . Dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa metode penjadwalan otomatis yang disusun (garis warna merah) berhasil mengisi wilayah yang belum terdapat data medan magnet bumi dan menghindari wilayah Atlantik Selatan.



**Gambar 6. Plot 15 Rekomendasi Misi Pengamatan Medan Magnet Bumi untuk 9 Februari 2018 jam 00:00:00 hingga 16 Februari 2018 jam 00:00:00**

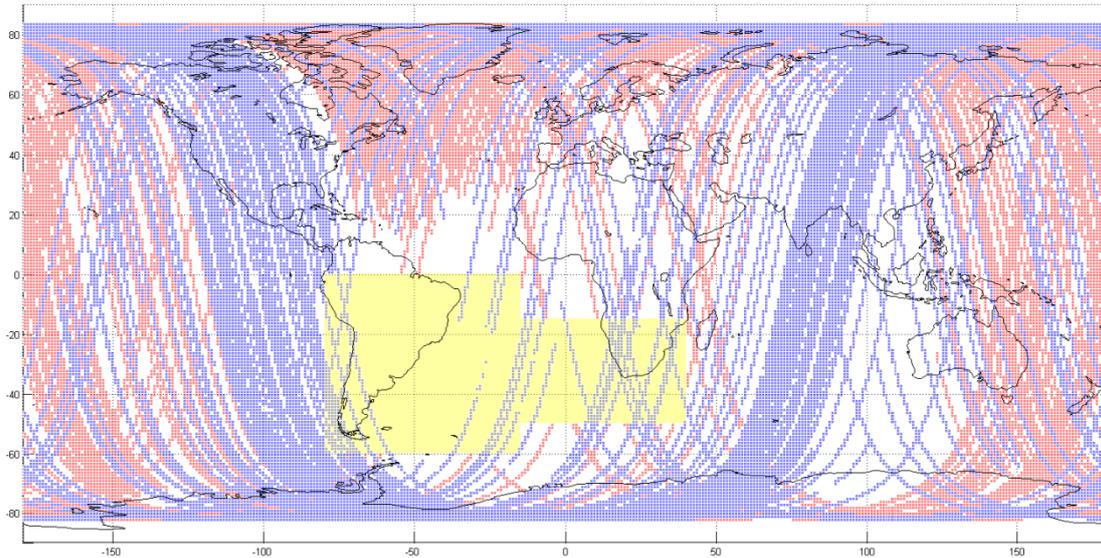
Gambar 7 menunjukkan kenaikan cakupan wilayah medan magnet bumi yang telah teramati hingga tanggal 20 April 2018. Warna biru menunjukkan pengamatan tanpa menggunakan penjadwalan otomatis, warna merah menunjukkan pengamatan dengan penjadwalan otomatis. Dapat dilihat bahwa dalam rentang waktu kurang dari 3 bulan penjadwalan otomatis berhasil meningkatkan cakupan secara signifikan dibanding dengan pengamatan sebelumnya. Sebelum penggunaan penjadwalan otomatis selama sekitar 15 bulan diperoleh cakupan sebesar 38,19% untuk resolusi  $1^\circ$  dan setelah penggunaan penjadwalan otomatis menjadi 60,34% dalam rentang kurang dari 3 bulan.



**Gambar 7. Cakupan Data Medan Magnet Bumi November 2017 hingga April 2018**

Gambar 8 menunjukkan gambaran cakupan medan magnet bumi yang telah diambil oleh satelit LAPAN-A3. Pada kasus ini cakupan digambarkan dengan menggunakan resolusi  $1^\circ$ . Warna biru menunjukkan wilayah yang diambil sebelum penjadwalan otomatis, warna merah menunjukkan wilayah

yang diambil setelah penjadwalan otomatis. Warna kuning menunjukkan pendekatan wilayah SAA yang digunakan pada metode ini. Dapat dilihat data dari penjadwalan otomatis berhasil mengisi wilayah yang belum terdapat data medan magnet bumi. Dapat dilihat pula bahwa dengan penjadwalan otomatis dapat menghindari wilayah SAA, sedangkan sebelum penjadwalan otomatis terdapat beberapa kasus yang memotong wilayah SAA.



**Gambar 8. Cakupan Data Medan Magnet Bumi LAPAN-A3 Hingga 20April 2018**

#### **4. KESIMPULAN**

Pada penelitian ini berhasil disusun suatu metode yang dapat menilai secara kuantitatif rentang waktu terbaik untuk mengambil data medan magnet bumi untuk melengkapi data yang telah diperoleh sebelumnya. Dari hasil penerapan penjadwalan otomatis untuk misi pengamatan medan magnet bumi selama kurang dari 3 bulan telah berhasil menaikkan cakupan dari 38,19% menjadi 60,34% untuk resolusi 1°. Dengan sedikit modifikasi metode ini dapat pula digunakan untuk membuat penjadwalan otomatis misi lain seperti kamera *multispectral* ataupun kamera *matrix*.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Mujtahid sebagai kepala Pusat Teknologi Satelit LAPAN dan Bapak Abdul Karim sebagai kepala bidang program dan fasilitas Pusat Teknologi Satelit LAPAN hingga bias terlaksananya penelitian ini.

#### **PERNYATAAN PENULIS**

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi makalah ini merupakan tanggung jawab penulis.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] W. Hasbi and Suhermanto, "Development of LAPAN-A3 / IPB Satellite an Experimental Remote Sensing Microsatellite," *34th Asian Conf. Remote Sens. 2013, ACRS 2013*, p. 8, 2013.
- [2] R. Langel, G. Ousley, J. Berbert, J. Murphy, and M. Settle, "The MAGSAT mission," *Geophys. Res. Lett.*, vol. 9, no. 4, pp. 243–245, 1982.
- [3] N. Olsen, "A model of the geomagnetic field and its secular variation for epoch 2000 estimated from Ørsted data," *Geophys. J. Int.*, vol. 149, no. 2, pp. 454–462, 2002.
- [4] S. Maus *et al.*, "Fifth-generation lithospheric magnetic field model from CHAMP satellite measurements," *Geochemistry, Geophys. Geosystems*, vol. 8, no. 5, 2007.

- [5] E. Friis-Christensen, H. Lühr, D. Knudsen, and R. Haagmans, "Swarm - An Earth Observation Mission investigating Geospace," *Adv. Sp. Res.*, vol. 41, no. 1, pp. 210–216, 2008.
- [6] N. Olsen and C. Stolle, "Satellite Geomagnetism," *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, vol. 40, no. 1, pp. 441–465, 2012.
- [7] P. R. Hakim, R. Permala, and A. P. S. Jayani, "Acquisition performance of LAPAN-A3/IPB multispectral imager in real-time mode of operation," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 149, p. 012061, May 2018.
- [8] R. K. Schaefer *et al.*, "Observation and modeling of the South Atlantic Anomaly in low Earth orbit using photometric instrument data," *Sp. Weather*, vol. 14, no. 5, pp. 330–342, 2016.
- [9] N. Najati, "PENGARUH GANGGUAN LINGKUNGAN ANTARIKSA PADA SISTEM ELEKTRONIK LAPAN-TUBSAT ( EFFECT OF SPACE ENVIRONMENT DISTURBANCE IN LAPAN-TUBSAT SATELLITE )," *J. Teknol. Dirgant.*, vol. 10, no. 1, pp. 50–56, 2012.
- [10] V. Turau, "Fixed-radius near neighbors search," *Inf. Process. Lett.*, vol. 39, no. 4, pp. 201–203, 1991.
- [11] J. L. Bentley, D. F. Stanat, and E. H. Williams, "The complexity of finding fixed-radius near neighbors," *Inf. Process. Lett.*, vol. 6, no. 6, pp. 209–212, 1977.
- [12] M. T. Dickerson and R. S. Drysdale, "Fixed-radius near neighbors search algorithms for points and segments," *Inf. Process. Lett.*, vol. 35, no. 5, pp. 269–273, 1990.