

# PEMANFAATAN MUATAN KAMERA DIGITAL PADA SATELIT LAPAN A2 UNTUK PEMANTAUAN PEMBANGUNAN RUAS JALAN TOL DI PULAU JAWA

## UTILIZATION OF DIGITAL CAMERA PAYLOAD ON LAPAN A2 SATELLITE FOR MONITORING OF TOLL ROAD CONSTRUCTION IN JAVA ISLAND

Agung Wahyudiono dan Rosza Madina  
Pusat Teknologi Satelit LAPAN  
agung.wahyudiono@lapan.go.id

### Abstrak

Satelit LAPAN A2 adalah satelit mikro dengan salah satu misinya sebagai satelit pemantau bumi. Guna mendukung misi tersebut satelit ini dibekali dengan muatan kamera video dan kamera digital. Salah satu obyek menarik yang bisa dipantau dengan menggunakan satelit adalah progres pembangunan infrastruktur. Dimana dalam makalah ini dikhususkan pada pemantauan progres pembangunan jalan tol dengan menggunakan kamera digital satelit LAPAN A2. Jalan tol merupakan salah satu infrastruktur vital yang berperan dalam menghubungkan satu wilayah dengan wilayah lain. Secara teori kemampuan kamera yang dimiliki oleh satelit LAPAN A2 cukup mampu untuk membedakan obyek seperti jalan tol, apartemen, pemukiman dan infrastruktur lainnya. Meskipun demikian ada beberapa hal yang harus diperhitungkan dalam misi pemantauan dengan menggunakan kamera digital LAPAN A2 khususnya untuk pemantauan obyek di sepanjang pulau Jawa.

Kata kunci: satelit, LAPAN A2, muatan kamera digital, pemantauan, jalan tol

### Abstract

*LAPAN A2 satellite is a micro satellite with one of its missions as an Earth-surveillance satellite. To support these mission, this satellite is equipped with video and digital camera. One of the interesting objects that can be monitored using satellite is the progress of infrastructure development. Where in this paper is devoted to monitoring progress of toll road development by using digital camera payload from LAPAN A2 satellite. The toll road is one of the vital infrastructures that play a role in connecting one region to another. In theory the camera capabilities possessed by LAPAN A2 satellites are capable enough to distinguish objects such as tolls, apartments, settlements and other infrastructure. Nevertheless there are several things that should be calculated in surveillance missions using LAPAN A2 digital cameras especially for monitoring objects across Java island.*

*Keywords: satellite, LAPAN A2, digital camera payload, surveillance, toll road.*

## 1. PENDAHULUAN

Satelit LAPAN A2 adalah satelit generasi ke dua buatan Indonesia yang diluncurkan pada tanggal 28 September 2015 dengan menggunakan wahana peluncur PSLV C-30 milik India. Satelit ini memiliki misi diantaranya untuk pemantauan permukaan Bumi (*Earth Surveillance*). Sesuai dengan misi tersebut, satelit ini dibekali dengan 2 buah kamera yaitu kamera video dan kamera digital resolusi tinggi.[1]

Ditinjau dari perencanaannya kamera video satelit LAPAN A2 memiliki sensor dengan ukuran 752 x 582 piksel yang akan menghasilkan resolusi tanah sebesar 6 m dengan lebar *swath* 5 km pada ketinggian 650 km. Sedangkan untuk kamera digital memiliki sensor dengan ukuran 2048 x 2044 piksel yang menghasilkan resolusi tanah sebesar 4 m dengan lebar *swath* 7 km pada ketinggian yang sama.[2] Dengan spesifikasi ini kamera yang terdapat pada satelit LAPAN A2 cukup mampu digunakan untuk menangkap obyek berupa bangunan perumahan hingga bangunan besar seperti gedung perkantoran, apartemen, stadion olah raga, serta infrastruktur lain seperti jalan protokol, jalan tol, pelabuhan dll. Hal ini dibuktikan melalui penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Nugroho, J.T dkk, khusus untuk pengamatan jalan raya, citra kamera digital satelit LAPAN A2 memiliki tingkat akurasi masing-

masing 51,67% (*producer's accuracy*) dan 83,78% (*user's accuracy*).[3] Hal ini menjadikan satelit ini memiliki prospek yang cukup baik untuk pengamatan jalan raya, khususnya jalan tol.

Jalan tol di sini menjadi sebuah obyek yang menarik untuk diamati. Secara umum keberadaan jalan akan meningkatkan indeks aksesibilitas sebuah wilayah. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Eko Widodo dalam tesisnya mengungkapkan bahwasanya wilayah dengan indeks aksesibilitas tinggi akan memiliki kinerja investasi yang tinggi pula, atau dengan kata lain memiliki daya tarik tinggi relatif terhadap wilayah yang lain. Hal ini yang diamati dari studi kasus keberadaan ruas jalan tol Jakarta - Cikampek.[4] Potensi ini disadari oleh pemerintah yang kemudian diwujudkan dalam berbagai program pembangunan infrastruktur khususnya dalam hal ini ruas jalan tol trans jawa.[5] Proses ini berjalan secara bertahap yang terbagi dalam beberapa ruas dan berlangsung selama beberapa tahun.

Pemantauan serta ekstraksi data ruas jalan dari data citra satelit resolusi tinggi secara umum memiliki banyak fungsi, diantaranya adalah untuk membantu mengisolasi bangunan pada proses deteksi bangunan atau juga dapat membantu dalam deteksi jembatan.[6] Berbagai metode dan penelitian sudah pernah dilakukan sebelumnya baik menggunakan citra resolusi tinggi maupun rendah, dan ini bisa menjadi acuan untuk kelanjutan penelitian dalam pemanfaatan citra kamera digital satelit LAPAN A2.[7]

Pemantauan wilayah khususnya wilayah pulau Jawa dengan menggunakan satelit LAPAN A2 menjadi cukup menarik dan membutuhkan sebuah metode tersendiri untuk dapat mendapatkan hasil sesuai yang diinginkan. Hal ini terkait langsung dengan karakteristik orbit yang dimiliki oleh satelit LAPAN A2. Paper ini akan membahas tentang analisis pemanfaatan satelit LAPAN A2 dalam hal pemantauan pembangunan infrastruktur jalan tol di pulau Jawa khususnya dengan menggunakan muatan kamera digital satelit LAPAN A2.

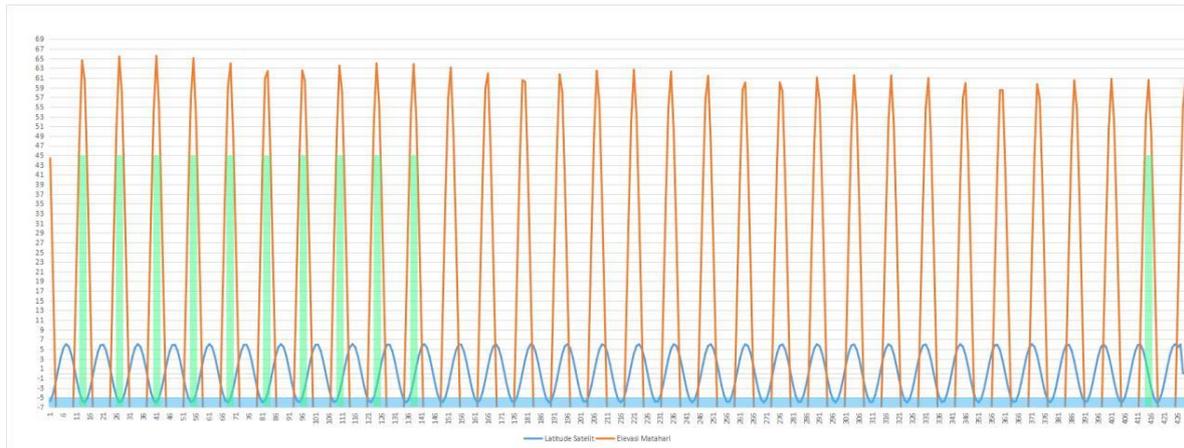
## 2. METODOLOGI

Dalam melakukan proses pemantauan, ada beberapa hal yang musti diperhitungkan antara lain *revisiting time* satelit terhadap wilayah pulau Jawa, prediksi waktu pada saat satelit melewati wilayah target, sudut satelit terhadap posisi nadir mengingat sudut inklinasi orbit satelit yang hanya sebesar  $6^\circ$ , dan *repetition time* dari kamera dalam pengambilan gambar terhadap kecepatan satelit. Kesemua faktor tersebut harus diperhitungkan dengan baik untuk mendapatkan hasil sesuai yang diinginkan. Hasil perolehan gambar ini nantinya akan disandingkan dengan citra satelit di wilayah yang sama yang didapat dari sumber lain. Kedua hasil tersebut dibandingkan untuk mendapatkan progres pembangunan ruas jalan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. *Revisit Time*

Satelit LAPAN A2 adalah satelit mikro dengan orbit *near equatorial*. Semula satelit ini direncanakan akan memiliki orbit dengan inklinasi sebesar  $8^\circ$ , tetapi saat ini orbit yang dimiliki oleh satelit LAPAN A2 hanya memiliki sudut inklinasi sebesar  $6^\circ$ . Hal ini mengakibatkan satelit LAPAN A2 tidak setiap saat melewati atau mendekati wilayah pulau Jawa yang berada di posisi  $7^\circ - 8^\circ$  lintang selatan. Untuk mendapatkan prediksi waktu yang tepat dalam melaksanakan proses pemantauan dibutuhkan sebuah perhitungan prediksi orbit satelit. Prediksi dilakukan dengan memanfaatkan data TLE (*Two Line Element*) yang diproduksi oleh Norad untuk kemudian dikalkulasi dengan menggunakan algoritma tertentu sehingga mendapatkan prediksi lintasan satelit untuk beberapa hari ke depan.

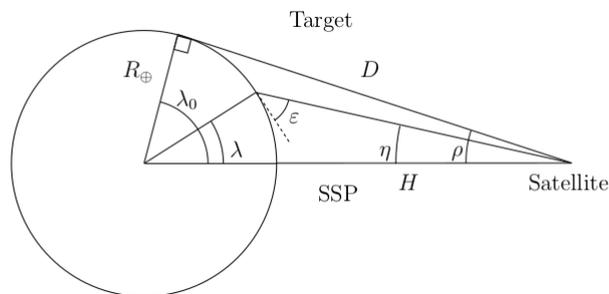


Gambar 1. Grafik posisi *latitude* satelit dan sudut matahari terhadap suatu tempat

Grafik di atas merupakan hubungan antara posisi lintang satelit (garis biru) serta sudut elevasi matahari (garis merah) terhadap suatu lokasi pada garis bujur tertentu pada saat satelit LAPAN A2 melewati lokasi tersebut. Dari grafik di atas dapat diketahui bahwasanya frekuensi keberpotongan antara posisi lintang satelit (ditunjukkan oleh garis biru) dengan sudut elevasi matahari (ditunjukkan oleh garis merah) yang memungkinkan dilakukannya pengambilan gambar untuk wilayah sekitar pulau Jawa adalah sekitar 8 - 10 hari dan akan berulang sekitar 20 hari kemudian.

### 3.2. Derajat kemiringan terhadap posisi nadir

Sesuai dengan besarnya sudut inklinasi orbit, maksimal jalur yang bisa dilintasi satelit adalah antara  $6^\circ$  lintang utara hingga  $6^\circ$  lintang selatan. Untuk dapat memantau wilayah yang lebih jauh dari wilayah tersebut, khususnya pulau Jawa, maka diperlukan manuver tertentu dari satelit sehingga gambar yang dihasilkan sesuai target yang ditentukan.



Gambar 2. Geometri misi satelit

$$(L_s, \delta_s, L_t, \delta_t) \mapsto (\lambda, Az, \eta) \quad (1.1)$$

$$\Delta L = |L_s - L_t| \quad (1.2)$$

$$\cos \lambda = \sin \delta_s \sin \delta_t + \cos \delta_s \cos \delta_t \cos \Delta L \quad (1.3)$$

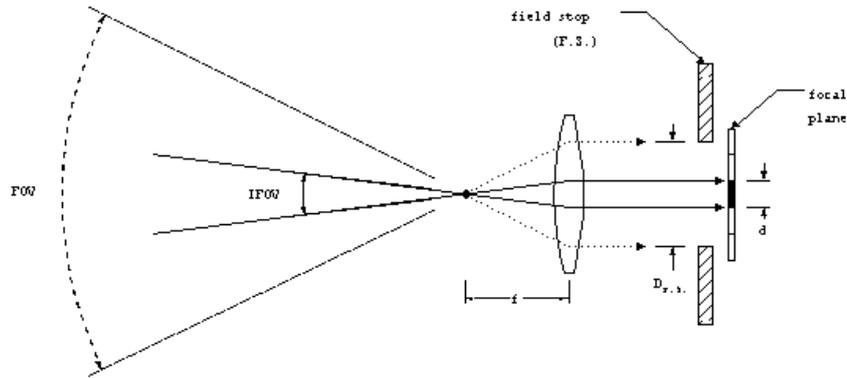
$$\tan \eta = \frac{\sin \rho \sin \lambda}{1 - \sin \rho \cos \lambda} \quad (1.4)$$

Dari gambar geometri satelit di atas dapat diketahui besarnya range ( $D$ ) dapat diketahui melalui ketinggian orbit satelit ( $H$ ) serta jari-jari bumi ( $R$ ). Besarnya sudut "off nadir" ( $\eta$ ) ditentukan oleh variasi lintang bujur baik untuk target maupun posisi satelit pada saat mendekati target. Dari persamaan 1.1 bahwasanya dibutuhkan kalkulasi untuk mentransformasi posisi satelit ( $L_s, \delta_s$ ) dan posisi target ( $L_t, \delta_t$ ) menjadi sudut pusat bumi ( $\lambda$ ), azimuth ( $Az$ ) dan view angle ( $\eta$ ) dari satelit.[8] Dan untuk proses kalkulasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan persamaan 1.2 hingga 1.4.

### 3.3. Camera Repetition Time

Agar gambar hasil kamera digital dapat disusun menjadi sebuah gambar panorama, maka gambar tersebut setidaknya memiliki bagian yang saling berpotongan (*overlap*) antara satu gambar dengan gambar urutan sebelum dan sesudahnya. Untuk dapat menentukan besarnya nilai repetition time maka perlu diketahui dulu besarnya *swath along track* dan kecepatan satelit di Bumi ( $V_g$ ).

Besarnya *swath along track* dapat di ketahui melalui parameter *Instantaneous Field of View* (IFOV) dari kamera yang dikalkulasikan dengan ketinggian orbit.



Gambar 3. Geometri kamera

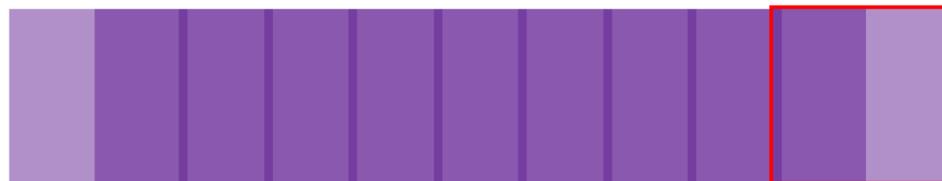
$$FOV = 2 \tan^{-1} \left( \frac{D_{FS}}{2f} \right) \quad (2)$$

Dari persamaan di atas, dengan besarnya nilai  $D_{FS}$  (lebar sensor) adalah 11,264 mm serta *focal length* ( $f$ ) sebesar 1000 mm maka besarnya *Field of View* (FOV) kamera digital adalah  $0,645372837^\circ$ . [9] Dari perhitungan diketahui bahwa ketinggian orbit satelit rata rata adalah 648 km. Sehingga besarnya *swath along track* adalah sebesar 7,2 km. Sedangkan untuk kecepatan satelit di Bumi dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$V_g = \frac{(2\pi R_e)}{P} \quad (3)$$

Dari persamaan di atas dengan diketahuinya periode satelit, maka kecepatan satelit di permukaan bumi ( $V_g$ ) adalah sebesar 6,85 km/s. [10] Dari nilai yang diketahui kemudian dibuatlah sebuah simulasi untuk melihat beberapa kemungkinan nilai *repetition time* yang bisa diterapkan untuk dapat menghasilkan gambar panorama. Beberapa gambar di bawah adalah contoh hasil variasi repetition time terhadap luasan gambar yang saling berpotongan, total *along track swath*, serta jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan 10 gambar.

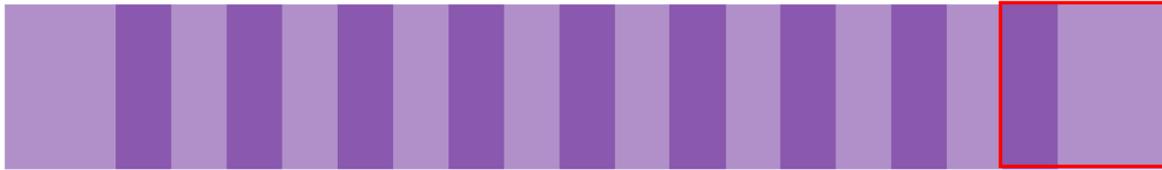
#### Simulator Repetition Time



Repetition Time 500 ms  
Time 0 : 4 : 500  
Image Number 10  
Total Length 37.825 km  
Counter : 4500

Gambar 4. Simulasi *overlap* gambar dengan waktu perulangan sebesar 500 ms

### Simulator Repetition Time



Repetition Time 700 ms  
Time 0 : 6 : 300  
Image Number 10  
Total Length 50.155 km  
Counter : 6300

**Gambar 5. Simulasi *overlap* gambar dengan waktu perulangan sebesar 700 ms**

### 3.4. Menentukan batas waktu pengambilan gambar

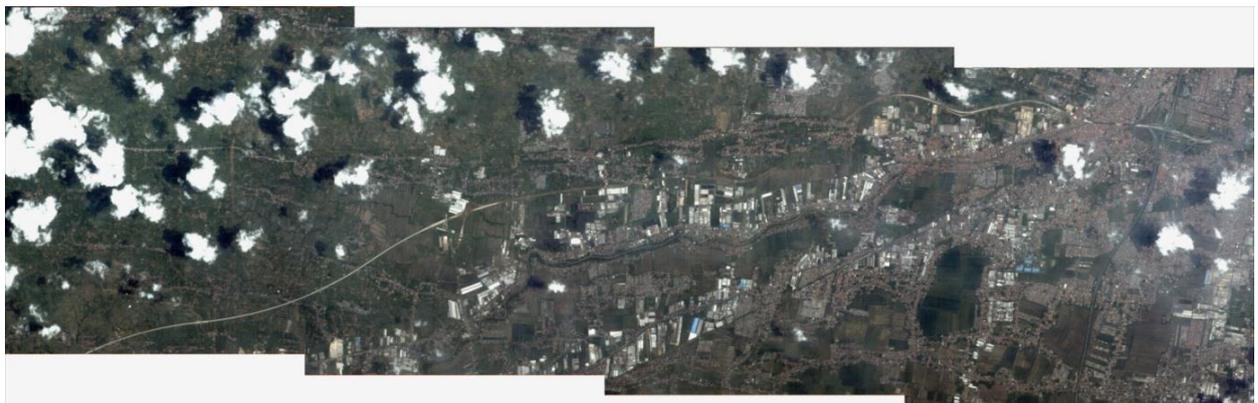
Kamera digital yang terdapat dalam satelit LAPAN A2 memiliki kapasitas penyimpanan maksimal 51 gambar. Untuk itu perlu diperhatikan awal dan akhir memulai sesi pemotretan sesuai dengan target daerah yang diinginkan.

### 3.5. Hasil

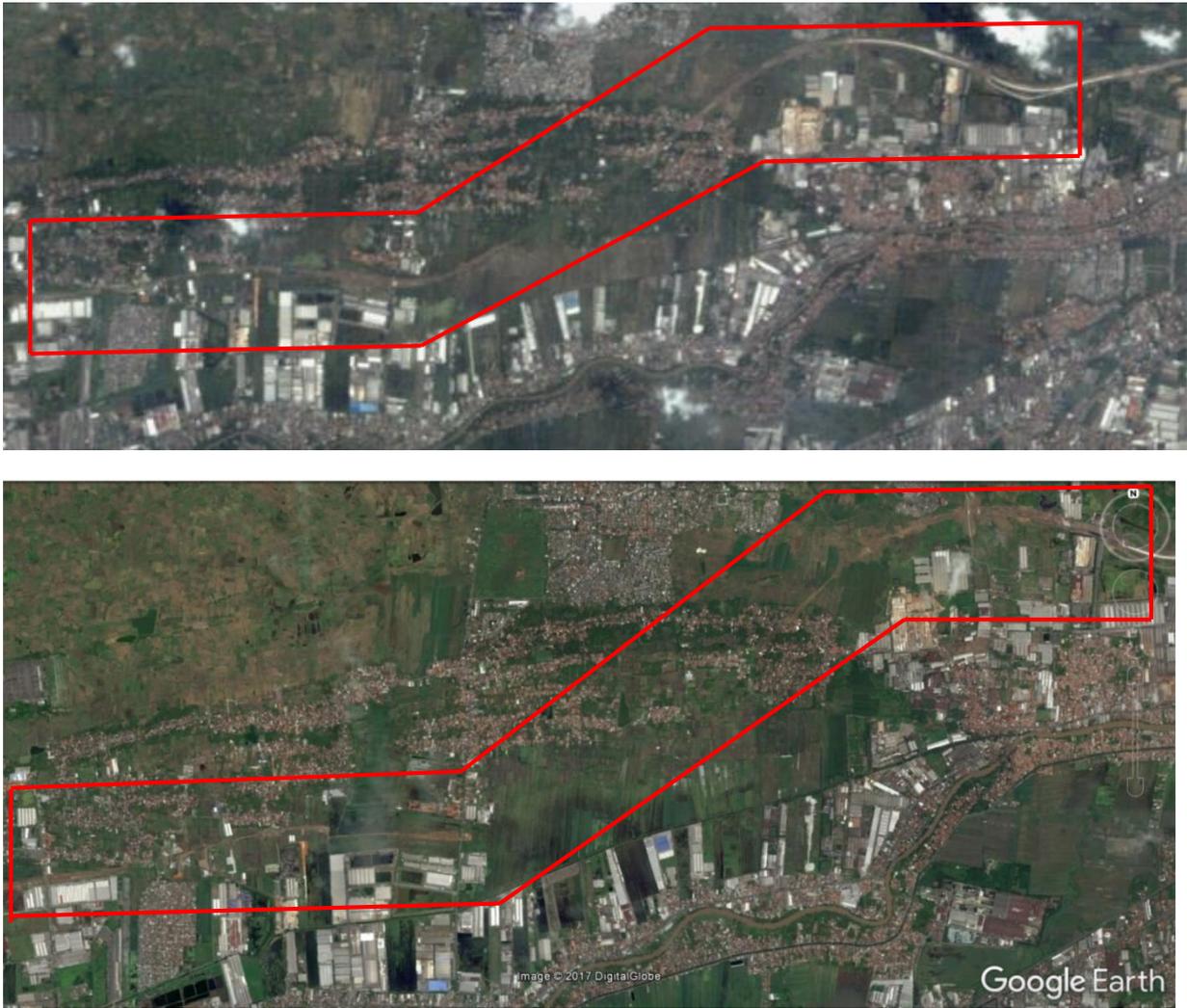
Dari hasil pemantauan yang dilakukan didapatkan beberapa citra yang memperlihatkan fasilitas infrastruktur berupa jalan tol. Di sini dapat dilihat bahwasanya dalam kondisi cuaca cerah, obyek jalan tol dapat diidentifikasi secara visual dengan mudah.



**Gambar 6. Ruas tol Pejagan, Brebes**



**Gambar 7. Pembangunan ruas tol di Jawa Timur**



**Gambar 8. Perbandingan ruas tol di Jawa Timur dengan *Google Earth***

Progres pembangunan dapat diamati secara visual dengan mudah ketika disandingkan dengan citra di lokasi serupa dalam rentang waktu yang berbeda. Seperti yang terlihat pada Gambar 8 di atas, ketika dibandingkan dengan citra satelit yang terdapat pada aplikasi *Google earth*, terdapat penambahan panjang ruas jalan yang sudah dibangun.

Untuk pengambilan gambar di wilayah Indonesia saat ini masih sering terkendala oleh masalah cuaca. Dimana sering kali obyek obyek yang menjadi target sering kali terganggu oleh munculnya liputan awan yang cukup tebal. Padahal untuk mendapatkan posisi yang baik dalam pengambilan gambar suatu wilayah dibutuhkan periode waktu sekitar 2 minggu.

#### **4. KESIMPULAN**

Kamera digital satelit LAPAN-A2 yang memiliki resolusi tanah sebesar 4 m dengan lebar *swath* 7 km, dan ditambah lagi dengan *revisit time* satelit 2 minggu, maka satelit LAPAN-A2 dapat digunakan untuk mengamati proses pembangunan infrastruktur, dalam hal ini pembangunan jalan tol. Akan tetapi karena kamera digital ini merupakan kamera optik, maka kondisi awan juga sangat berpengaruh terhadap pengambilan gambar daerah target. Jika satelit LAPAN-A2 digunakan untuk mengambil daerah yang sama pada 2 minggu kemudian dan kondisi cuaca mendukung, maka proses pembangunan jalan tol akan terlihat lebih detail dari waktu ke waktu.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih sebesar besarnya kami berikan kepada segenap keluarga besar PUSTEKSAT khususnya kepada tim operator satelit LAPAN yang hingga saat ini masih terus menjaga keberlangsungan hidup satelit LAPAN. Ucapan terima kasih juga tak lupa saya ucapkan kepada mas Bambang Sigit selaku operator sekaligus teknisi yang membantu kami dalam melakukan pemrosesan data kamera digital satelit LAPAN A2.

### PERNYATAAN PENULIS

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

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hardienata S, Triharjanto R. H and Mukhayadi M2011 LAPAN A2 : Indonesian Near-Equatorial Survelance satellite. 1<sup>st</sup> Asia Pacific Regional Space Agency Forum ( APRSAF )
- [2] H. Syafrudin<sup>1</sup>, W. Hasbi<sup>1</sup>, A. Rahman<sup>1</sup>.: Camera *Payload* Systems for LAPAN-A2 Experimental Microsatellite; Proceedings of 34th ACRS, Bali, Indonesia, 2013
- [3] Nugroho, J. T., Zylshal, Chulafak, G. A., & Kushardono, D. (2017). Performance of LAPAN-A2 satellite data to classify land cover/land use in Semarang, Central Java. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 54, 12098. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/54/1/012098>
- [4] Eko Widodo. Kajian Pengaruh Jalan Terhadap Kinerja Perekonomian Wilayah (Tesis). Institut Teknologi Bandung, 2007
- [5] Deputi Bidang Sarana dan Prasarana Kementrian PPN/BAPPENAS. Konektifitas Infrastruktur Wilayah dan Antar Wilayah. Diunduh dari [http://bappenas.go.id/files/6514/1826/9383/Paparan\\_Deputi\\_Sarpras.pdf](http://bappenas.go.id/files/6514/1826/9383/Paparan_Deputi_Sarpras.pdf) . Diunduh pada tanggal 30 April 2017.
- [6] Christophe, E., & Inglada, J. (2007). Robust Road Extraction for High Resolution Satellite Images. 2007 IEEE International Conference on Image Processing, 5(1), 437–440. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2007.4379859>
- [7] Long, H., & Zhao, Z. (2005). Urban road extraction from high-resolution optical satellite images. International Journal of Remote Sensing, 26(22), 4907–4921. <https://doi.org/10.1080/01431160500258966>
- [8] Wiley J. Larson and James R. Wertz, editors. Space Mission Analysis and Design. Microcosm, Inc., Torrance, CA, second edition, 1995
- [9] Murtaza, H. (2011). Designing a small satellite in LEO for remote sensing application. Journal of Space Technology, 1(1), 11-16.
- [10] Electro Optical Imaging System. [https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/EO\\_image/EO\\_Image.htm](https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/EO_image/EO_Image.htm)

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 1

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Agung Wahyudiono  
Tempat & Tgl. Lahir : Pati, 17 Februari 1985  
Jenis Kelamin : Laki - laki  
Instansi Pekerjaan : Pusat Teknologi Satelit LAPAN  
NIP : 19850217 201402 1 003



### DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMU Negeri 1 Pati Tahun: 2003  
STRATA 1 (S.1) : Universitas Negeri Yogyakarta Tahun: 2011

### ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl. Cagak Satelit , km 4, Rancabungur, Kab. Bogor  
Email : agung.wahyudiono@lapan.go.id

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 2

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Rosza Madina  
Tempat & Tgl. Lahir : Surakarta, 22 September 1985  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Instansi Pekerjaan : Pusat Teknologi Satelit LAPAN  
NIP : 19850922 200912 2 002



### DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMU Negeri 1 Pati Tahun: 2003  
STRATA 1 (S.1) : STT Telkom Bandung Tahun: 2007

### ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl. Cagak Satelit , km 4, Rancabungur, Kab. Bogor  
Email : rosza.madina@lapan.go.id