

Analisis Perencanaan Misi Terbang LSU-01 Untuk Pemotretan Puncak Gunung Merapi Dalam Rangka Mitigasi Bencana

Yanuar Prabowo¹, Agus Wiyono¹, Ari Sugeng Budiyan¹

¹Peneliti Pusat Teknologi Penerbangan, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jl. Raya Rumpin Sukamulya Bogor, Email :yanuar.prabowo@lapan.go.id, agus.wiyono@lapan.go.id, gunawan_prab@yahoo.com

Abstrak –LSU-01(LAPAN Surveillance UAV-01) adalah pesawat tanpa awak variasi pertama yang dikembangkan oleh LAPAN untuk dapat terbang secara *autonomous* atau terbang secara otomatis tanpa ada pengaruh pilot dari luar. Spesifikasi dari LSU-01 yaitu memiliki *wingspan* atau panjang sayap 1900 mm dan panjang *fuselage* atau bodi 1150 mm. LSU-01 dibuat dengan bahan *styrofoam* sehingga sangat ringan dan mampu membawa *payload* seberat 1.5 kg dengan lama terbang sekitar 50 menit. Dalam rangka mensupport proses mitigasi bencana yaitu memotret puncak gunung merapi setelah 4 tahun erupsi terakhir, maka diperlukan suatu perencanaan misi terbang dan optimalisasi dari LSU-01 supaya mampu terbang mencapai puncak, mengambil data dan kembali ke home base sehingga data hasil pemotretan dapat diolah. Payload yang digunakan adalah kamera canon S100 yang memiliki spesifikasi tertentu dan ber GPS. Ketinggian terbang dari LSU-01 untuk mendapatkan photo yang baik adalah sekitar 300m dari daratan dan supaya dapat diolah harus memiliki overlap minimal 70% per photonya. Luasan puncak gunung yang akan diphoto adalah sekitar 117.02 hektar. Metode yang digunakan dalam perencanaan misi terbang ini adalah dengan menganalisa data spesifikasi dari kamera yang akan di bawa dan perhitungan optimalisasi LSU-01 untuk dapat terbang maksimal 50 menit serta jarak home base untuk take off dan landing pesawat. Ketinggian home base adalah 1198 m dpl sedangkan puncak gunung Merapi adalah 2968 m dpl. Didapatkan panjang lintasan yang akan dilalui oleh LSU-01 dari tempat take off sampai landing adalah sejauh 32,0986 km dan LSU-01 dapat berhasil mendapatkan photo puncak merapi dengan hasil yang baik.

Kata kunci : LSU-01, kamera canon s100, photo puncak merapi

PENDAHULUAN

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) atau biasa disebut sebagai drone adalah suatu pesawat terbang tanpa pilot di dalamnya, dimana dapat terbang dengan cara *autonomous* atau otomatis yang dikontrol oleh komputer yang terdapat di pesawat atau dikontrol oleh *remote control* oleh pilot di darat atau di kendaraan lain *Ground Control System (GCS)*.¹ Berbagai variasi pesawat tanpa awak telah dikembangkan oleh LAPAN yaitu mulai dari LSU-01 sampai dengan LSU-05 yang telah berhasil di uji terbangkan pada bulan Desember 2014 di Pameungpeuk Garut Jawa Barat.

LSU-01 (*LAPAN Surveillance UAV*) adalah salah satu variasi dari UAV yang telah dikembangkan oleh LAPAN dengan spesifikasi panjang sayap (*wingspan*) 1900 mm dan panjang bodi pesawat (*fuselage*) 1150 mm. LSU-01 dibuat dengan bahan *styrofoam* sehingga sangat ringan dan mampu membawa muatan (*payload*) seberat 1.5 kg dengan lama terbang 50 menit.²

Dalam proses mendapatkan data photo puncak sampai dengan pengolahan data photo untuk proses mitigasi bencana gunung Merapi diperlukan sebuah perencanaan misi terbang yang efisien sehingga target mendapatkan photo udara tersebut dapat berhasil dilakukan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan misi terbang ini yaitu :

1. Kondisi Target yang akan diphoto
2. Optimasi Pesawat Terbang Tanpa Awak yang digunakan
3. Payload yang digunakan

Dalam paper ini tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mendapatkan perencanaan misi terbang dengan menganalisa data spesifikasi dari kamera yang akan di bawa dan perhitungan optimalisasi LSU-01.

TARGET PHOTO

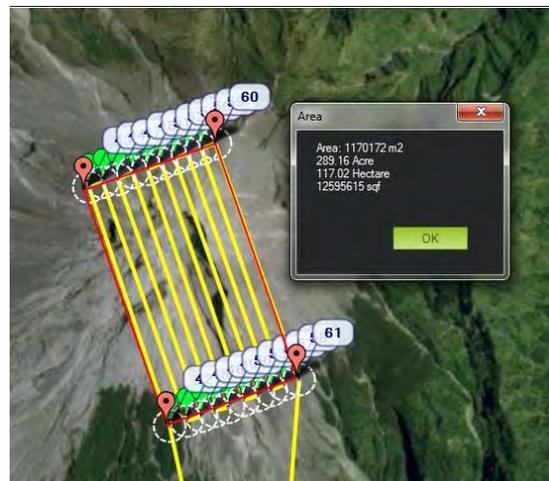
Gunung Merapi merupakan salah satu gunung berapi paling aktif di dunia yang terletak di Jawa Tengah yaitu sekitar 30 Km kearah utara Yogyakarta. Ketinggian dari gunung Merapi adalah sekitar 2965m dpl³.



Gambar 1. Gunung Merapi yang akan di photo.

Erupsi terakhir dari gunung ini terjadi pada tahun 2010 yang menelan banyak korban jiwa. Untuk menghadapi bencana tersebut diperlukan monitoring berkala terhadap puncak merapi sehingga aktivitas Merapi dapat dipantau untuk mitigasi bencana. Salah satu kegiatan mitigasi bencana Merapi adalah dengan memonitoring puncak gunung dengan UAV, kegiatan tersebut telah dilaksanakan oleh LAPAN bekerjasama dengan PSBA-UGM pada tahun 2010 pasca erupsi terakhir dengan menggunakan LSU-01⁴.

Pada bulan Oktober 2014 LAPAN dan PSBA UGM melakukan kegiatan monitoring puncak Merapi untuk melihat kondisi puncak setelah 4 tahun pasca erupsi. Luas puncak gunung yang akan di photo adalah 117.02 hektar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2. Luasan puncak Merapi yang akan di photo.

Home base untuk tempat take off dan landing LSU-01 adalah di daerah Desa Glagahsari Yogyakarta di ketinggian 1176m dpl.

OPTIMASI LSU-01

Pesawat yang digunakan sedikit berbeda dengan pesawat pada pemotretan tahun 2010. Perbedaan terletak pada ada tidaknya wingtip pada sayap dan panjang sayapnya . Untuk pesawat yang digunakan pada tahun 2010 tidak

memiliki wingtip dan panjang sayapnya 1600mm, sedangkan yang digunakan saat ini memiliki wingtip dan panjang sayapnya 1900mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. LSU-01 wingspan 1600mm (a) dan LSU-01 wingspan 1900mm dengan wing tip

Konfigurasi pesawat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Motor : Motor brushless 1200kv
- ESC : 40A – 3S
- Battery : 3 x 3S - 5500mAh
- Telemetri : 900MHz – 1 Watt

Massa LSU-01 yang digunakan untuk misi terbang Merapi adalah sebagai berikut

Tabel 1. Berat Total LSU-01

Komponen	Jumlah	Berat Komponen (g)	Berat Total Komponen (g)
kamera	1	178	178
radio	1	46.7	46.7
engine	1	122.3	122.3
receiver	1	13.6	13.6
autopilot	1	17.7	17.7
ESC	1	46.2	46.2
GPS	1	11.2	11.2
baterai kamera	1	117.2	117.2
gimbal	1	85.1	85.1
baterai 3s 5500mh	3	533	1599
Fuselage	1	294.1	294.1
kabel	1	50	50
htp	1	55.5	55.5
komponen rakitan	1	62	62
wing	1	581.5	581.5
servo	4	60	240
ubec	3	42	126
TOTAL :			3646.1

Dari data uji terbang yang dilakukan di Pustekbang-LAPAN didapatkan besarnya konsumsi arus untuk uji terbang LSU-01 untuk mencapai ketinggian 2100m dpl adalah sebagai berikut :

- Take off : 20A
- Cruise : 12 A

Dengan data terbang tersebut diasumsikan bahwa konsumsi arus adalah 20 A dan 12 A selama penerbangan maka dapat kita ketahui lama terbang dari LSU-01 adalah sebagai berikut :

Kapasitas Arus Battery : 3 x 5500mAh = 16500mAh

Lama Terbang asumsi arus 20 A : 16500mAh/20000mA = 49,5 menit

Lama Terbang asumsi arus 12 A : 16500mAh/12000mA = 82,5 menit

SPESIFIKASI KAMERA

Kamera yang digunakan adalah canon S100, keunggulan dari kamera ini adalah terdapat internal gps dan ukuran yang tidak terlalu besar jika dipasang di LSU-01.



Gambar 4. Camera Canon S100

Spesifikasi dari kamera Canon S100 adalah sebagai berikut⁵ :

- 24-120mm (equivalent) lens range, F2.0-5.9, built-in neutral density filter
- 12.1 MP 1/1.7" Canon CMOS sensor
- DIGIC 5 image processor
- ISO 80-6400
- 2.3 fps continuous shooting (9.6 fps for 8 frames in High-Speed burst mode)
- Optical zoom in movie mode
- Super slow motion movie recording (640 x 480 @ 120fps, 320 x 240 @ 240 fps)
- Built-in GPS unit with image tagging and logger functions

Sedangkan data teknik dari kamera canon S100 yang dibutuhkan untuk perhitungan lintasan terbang LSU-01 pada ketinggian 300m dpl adalah sebagai berikut :

- Focal length (f) : 5mm
- Pixel Width : 4000
- Pixel Height : 3000
- Sensor Width (Lx) : 7,6mm
- Sensor Height (Ly) : 5,7mm

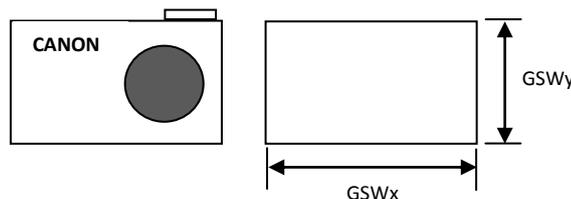
PERENCANAAN MISI TERBANG

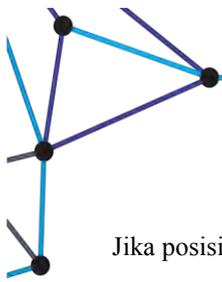
Perencanaan misi terbang untuk memotret puncak gunung Merapi ditentukan berdasarkan hal berikut :

- Luasan objek yang diphoto
- Jarak lintasan LSU-01 dari take off – misi – landing
- Endurance dari battery
- Overlap photo 70%
- Sidelap photo kurang lebih 70%

Sidelap diset kurang lebih 70% ini dikarenakan kecepatan angin yang tinggi di home base yang merupakan tempat take off dan landing LSU-01, kecepatan angin bahkan bisa mencapai 10m/s. Melihat kondisi tersebut dan pertimbangan bahwa LSU-01 akan keluar dari jalur track saat terbang cross wind dan saat melawan angin, maka sidelap dibuat presentasi sidelap dibuat besar.

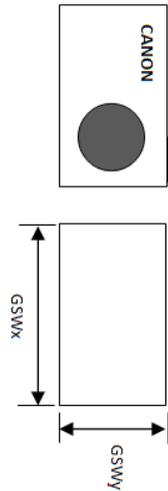
Penempatan posisi kamera ke LSU-01 juga mempengaruhi luasan photo yang tercapture. Jika posisi kamera ditempatkan secara horizontal maka posisi capture dapat dilihat pada gambar di bawah ini.





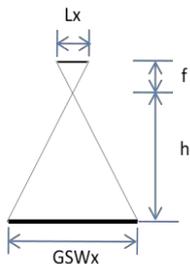
Gambar 5. Posisi Camera Canon S100

Jika posisi kamera ditempatkan secara vertikal maka posisi capture dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Posisi Vertikal Camera Canon S100

Pada LSU-01 penempatan kamera seperti Gambar 5, sehingga jarak antar lintasan ditentukan dengan kondisi tersebut. Dengan konfigurasi dapat diketahui luasan capture di ground atau Ground Swath (GSW).



$$GSW_x = \frac{L_x}{f} \times h \quad (1)$$

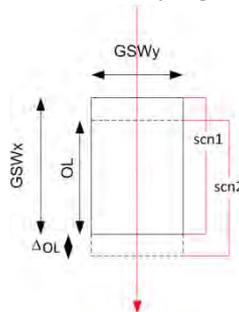
$$GSW_y = \frac{L_y}{f} \times h \quad (2)$$

Dari rumus 1 dan 2 dapat diketahui nilai GSW_x dan GSW_y sebagai berikut :

$$GSW_x = \frac{7,6 \times 10^{-3} \text{ m}}{5 \times 10^{-3} \text{ m}} \times 300 \text{ m} = 456 \text{ m}$$

$$GSW_y = \frac{5,7 \times 10^{-3} \text{ m}}{5 \times 10^{-3} \text{ m}} \times 300 \text{ m} = 342 \text{ m}$$

Jadi luasan ground capture adalah 456m x 342m. Dengan nilai tersebut kita dapat menghitung selang waktu pengambilan gambar atau take picture time (Δt_{pic}) untuk overlap 70%. Karena penempatan kamera pada LSU-01 vertikal maka ilustrasi capture photonya sedikit berubah yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



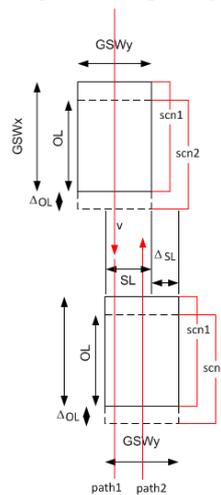
Gambar 7. Ilustrasi selang waktu

Maka dapat diketahui take picture time (Δt_{pic}) adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 OL \text{ (Overlape)} 70\% &= 70\% \times GSWx \\
 &= (70/100) \times 456 \text{ m} \\
 &= 319,2\text{m} \\
 \Delta OL &= 456\text{m} - 319,2\text{m} \\
 &= 136,8\text{m} \\
 V_{\text{terbang}} &: 12,5 \text{ m/s} \\
 \Delta t_{pic} &= \Delta OL/v \\
 &= 10,94 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Jadi selang waktu pengambilan gambar adalah setiap 10 detik sekali.

Untuk mengetahui jarak terbang antar lintasan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 8. Ilustrasi lebar jarak tiap lintasan

Dari gambar diatas kita bisa menghitung jarak antar lintasan dengan sidelap yang diinginkan.

Untuk pemotretan puncak Gunung Merapi ini kita menggunakan sidelap 74%, maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 SL \text{ (Sidelap)} 74\% &= 74\% \times GSWy \\
 &= (74/100) \times 342 \text{ m} \\
 &= 253,08\text{m} \\
 \Delta SL &= 342\text{m} - 253,08\text{m} \\
 &= 88,92\text{m}
 \end{aligned}$$

Nilai ΔSL ini dapat digunakan sebagai jarak antar lintasan (path), maka untuk mendapatkan sidelap 74% LSU-01 harus terbang dengan jarak antar lintasan sejauh 88,92m.

Dari data tersebut bisa dibuat jalur lintasan terbang diatas puncak Merapi untuk cakupan seluas 117.02 hektar, untuk lebih jelasnya dapat dilihat di gambar 2.



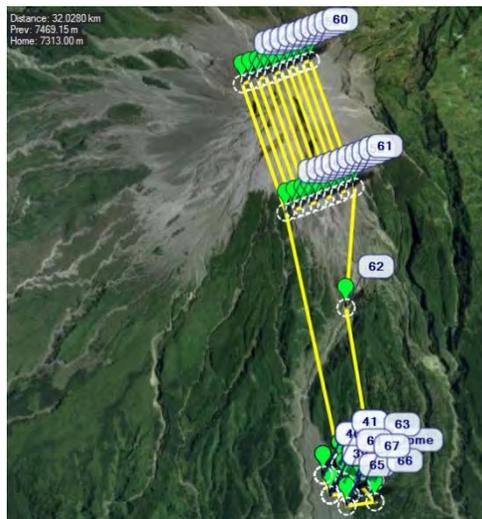
Gambar 9. Jalur lintasan LSU-01 untuk sidelape 74%

Menentukan total panjang lintasan terbang mulai dari take off – misi – landing perlu dilakukan untuk mengetahui endurance dari LSU-01.

Pada pemotretan kali ini diasumsikan dari arus yang dibutuhkan oleh LSU-01 pada saat take off yaitu 20A. Nilai arus 20A ini dipakai dengan pertimbangan kondisi kecepatan angin yang tinggi di gunung Merapi sehingga kemungkinan pesawat terbang butuh thrust tinggi untuk menyelesaikan misi. Dari asumsi tersebut diketahui lama terbang LSU-01 adalah 49,5 menit, maka :

$$\begin{aligned} \text{Endurance (E)} &: 49,5 \text{ menit} = 2970 \text{ detik.} \\ V_{\text{terbang}} &: 12,5 \text{ m/s} \\ \text{Panjang lintasan terbang} &= E \times V_{\text{terbang}} \\ &= 37125 \text{ m} \end{aligned}$$

Perkiraan panjang lintasan terbang yang bisa digunakan adalah sejauh 37125m atau 37,125m. Pembuatan jalur terbang LSU-01 harus kurang lebih sejauh perkiraan panjang lintasan, untuk itu pemotretan kali ini dirancang panjang lintasan sejauh 32,03km. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

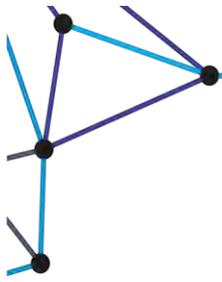


Gambar 10. Panjang lintasan LSU-01 untuk misi pemotretan

Ketinggian home base yang merupakan tempat takeoff dan landing adalah 1176m dpl, sedangkan ketinggian puncak gunung adalah 2965m dpl. Ketinggian yang harus dicapai oleh LSU-01 dari home base adalah 2170m setelah ditambah 300m dari puncak gunung atau 3265 m dpl.

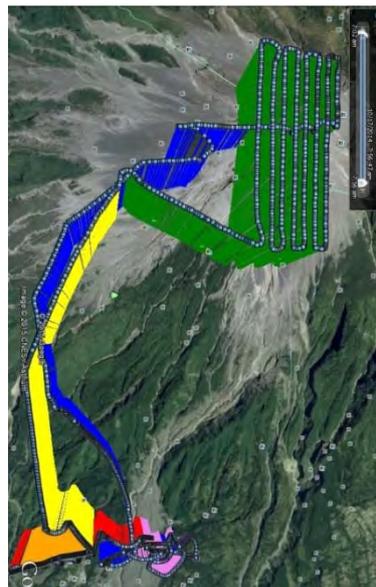
ANALISA MISI TERBANG PEMOTRETAN PUNCAK GUNUNG MERAPI

Pemotretan dilakukan pada tanggal 17 Oktober 2014 dengan home base di desa Glagahsari DI Yogyakarta.



Gambar 11. Take off LSU-01

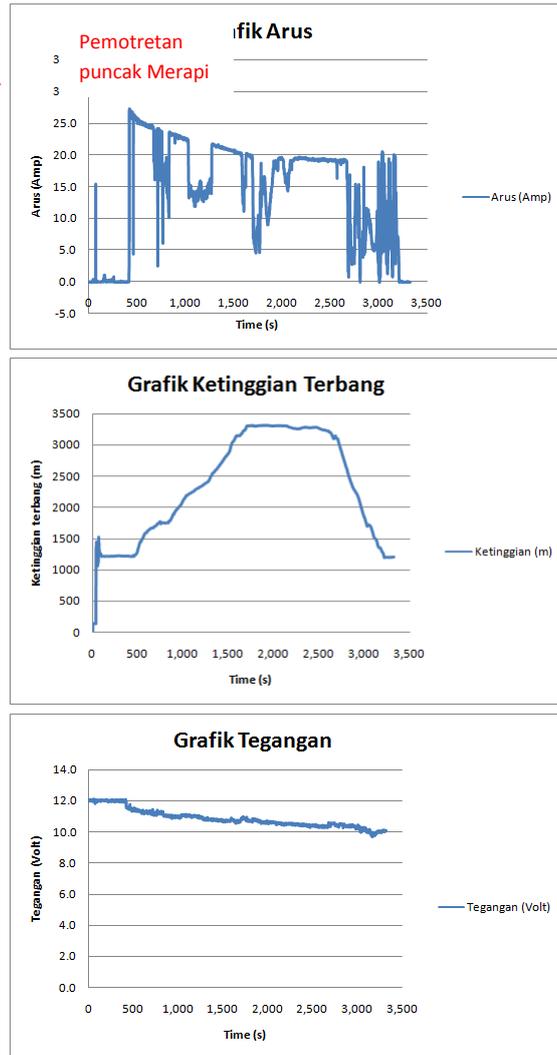
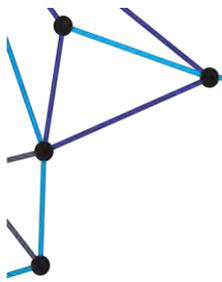
Dari perencanaan lintasan terbang yang telah dibuat, maka lintasan terbang yang dilalui LSU-01 pada saat misi adalah sebagai berikut



Gambar 12. Panjang lintasan LSU-01 untuk misi pemotretan

Jika dibandingkan antara perencanaan lintasan terbang dengan hasil trajectory misi terbang pada gambar 10 dan 12 terdapat perbedaan yang mencolok yaitu pada lintasan menuju dan menjauhi puncak gunung. Hal ini dikarenakan adanya angin kencang yang bertiup dari arah puncak gunung menuju ke lereng sehingga LSU-01 kesulitan untuk terbang mencapai ketinggian tertentu dan menuju puncak gunung (garis merah). Untuk menghadapi hal gangguan tersebut maka jalur terbang LSU-01 dipindah agak menjauh tidak langsung lurus ke atas karena dari arah tersebut kecepatan angin tidak terlalu tinggi.

Dari gambar 12 terlihat saat LSU-01 terbang di atas puncak Merapi tidak semua lintasan yang telah direncanakan terlampaui dan pesawat langsung meninggalkan puncak gunung untuk kembali ke home base. Kejadian tersebut terjadi karena tegangan battery LSU-01 sudah menipis karena banyak daya yang terbuang saat usaha mencapai puncak dengan merubah lintasan terbang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 13. Grafik Arus, Ketinggian Terbang dan Tegangan

Dari gambar 13 dapat diketahui konsumsi arus dari LSU-01 selama takeoff sampai dengan mencapai puncak merapi sangat besar yaitu antara 20A – 27 A ini menunjukkan besarnya usaha yang dilakukan oleh LSU-01 untuk mencapai puncak merapi. Setelah LSU-01 berada di puncak konsumsi arus masih tetap fluktuatif antara 5A – 20 A, ini disebabkan karena pesawat kadang terbang searah arah angin dan berlawanan arah angin. Ketika sudah mencapai puncak tegangan dari battery sudah berkurang banyak dari 12V menjadi hampir 10V, oleh sebab itu sebelum menyelesaikan seluruh lintasan terbang LSU-01 ditarik turun dari puncak merapi untuk mengantisipasi habisnya daya battery sebelum LSU-01 landing.

Hasil Photo 3D puncak Gunung Merapi dapa dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 14. Puncak Merapi hasil pemotretan tahun 2014

Hasil photo kawah gunung merapi dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 15. Kawah puncak Merapi hasil pemotretan tahun 2014

Meskipun tidak semua lintasan dapat dilalui oleh LSU-01 dikarenakan kondisi angin yang tidak baik, tetapi data hasil pemotretan masih bisa diolah untuk mendapatkan data kondisi kawah gunung Merapi tahun 2014.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada bapak Drs. Gunawan S Prabowo selaku pembimbing peneliti dan Kepala Pusat Teknologi Penerbangan – LAPAN.

KESIMPULAN

Dari perencanaan misi terbang diatas dapat diketahui bahwa penempatan posisi kamera sangat mempengaruhi jarak antar lintasan. Untuk mendapatkan sidelap 74% maka diperlukan jarak antar lintasan selebar 88,92 m dan total panjang lintasan adalah 32,0986 km. Semakin kecil jarak antar lintasan akan menyebabkan semakin panjangnya jarak total lintasan yang akan dilalui LSU-01.

Konsumsi besarnya arus yang dibutuhkan juga mempengaruhi endurance LSU-01 dari perencanaan dengan asumsi arus 20A lama terbang adalah 49,5 menit sedangkan saat misi terbang sesungguhnya lama terbang LSU-01 adalah 56 menit. Kondisi ini sangat kritikal karena adanya spekulasi penambahan lama terbang dari yang direncanakan.

Hasil photo udara dapat diolah menjadi gambar 3D dan seluruh kawah puncak merapi dapat terambil gambarnya meskipun lintasan terbang tidak semua dapat dilalui. Sehingga dapat dikatan misi terbang pemotretan puncak gunung Merapi berhasil.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹June, 2010. *Air Force officials announce remotely piloted aircraft pilot training pipeline*. www.af.mil.
- ²Anggraeni D, Prabowo Y, Prabowo G S, 2013. *Hybrid LSU-01 Development For Urban Mapping, AIRTEC - UAVWorld Conference*, Frankfurt, Jerman.
- ³Sagala Saut A H, 2017. *Risk Communication for Disaster Preparedness off Earthquake and Volcanic Eruption*, Kyoto University, Japan.
- ⁴Prabowo G S, Anggraeni D, Wandono F A, 2013. *Small UAV Application for Mitigation Disaster at Mount Merapi - UAVWorld 6th International Conference*, Frankfurt, Jerman.
- ⁵Canon S100 Data Sheet
- ⁶Maryanto, A dan Nugroho Widi J, 2014. *Panduan Ringkas Pengaturan Parameter Sistem Akuisisi Pada Operasi Akuisisi Data Kamera Udara Tetracam-Adc / Lsa-Lapan Untuk Pemantauan Lahan Persawahan Daerah Subang Dan Sekitarnya*, Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, Lapan.