

Pemanfaatan *Digital Surface Model (DSM)* dari UAV *Fixed Wing* untuk Analisis Potensi Panel Surya (Studi Kasus: Desa Banturejo, Kabupaten Malang)

Utilization of Digital Surface Model (DSM) from Fixed Wing UAV for Solar Panel Potential Analysis (Case Study: Banturejo Village, Malang Regency)

Husnul Hidayat*, Farhan Kariim Maulana

Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: hidayat.h@its.ac.id

Diterima: 31072024; Diperbaiki: 23102024; Disetujui: 23102024; Dipublikasi: 24102024

Abstrak: Energi surya merupakan sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya. Dengan melihat letak geografis Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis dapat dikatakan bahwa negara ini memiliki tingkat intensitas matahari yang cukup stabil dan kaya akan potensi energi surya. Salah satu teknologi yang digunakan dalam penggunaan energi surya adalah panel surya. Dalam memaksimalkan penggunaan panel surya dibutuhkan pemilihan lokasi yang tepat salah satunya dengan menggunakan teknologi fotogrametri. Salah satu teknik Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Hasil yang didapatkan dengan wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* di Desa Banturejo antara lain adalah Orthophoto dan (*Digital Surface Model*) DSM. Orthophoto hasil pengolahan memiliki resolusi 8,1 cm/pixel sedangkan DSM memiliki resolusi 1,8 cm/pixel. Digitasi dilakukan untuk mendapatkan luasan atap dimana pada Desa Banturejo terdapat 6467 bidang atap dan 1954 atap bangunan dengan luasan 4,43 – 887,95 m². Pada penelitian ini perhitungan dilakukan menggunakan software pengolahan data spasial dengan tools Area Solar Radiation dan dengan data pendukung yaitu curah hujan yang didapatkan dari Badan Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Perhitungan menghasilkan pola distribusi matahari dimana bangunan yang memiliki permukaan datar dan mengarah ke utara mendapatkan lebih banyak radiasi matahari pada bulan Juli. Nilai radiasi matahari dilakukan perhitungan estimasi produksi listrik, Dimana pada Desa Banturejo bulan Juli menghasilkan 106,94 - 18.785,44 Kwh. Hasil distribusi matahari dilakukan validasi dengan pola sebaran temperatur atap drone thermal. Pola sebaran radiasi matahari dengan temperatur atap memiliki pola yang sesuai.

Copyright © 2024 Geoid. All rights reserved.

Abstract: Solar energy is an energy source that will never run out of availability and this energy can also be utilized as an alternative energy that can be converted into electrical energy using solar cells. By looking at the geographical location of Indonesia, which is located on the equator and has a tropical climate, it can be said that this country has a fairly stable level of solar intensity and is rich in solar energy potential. One of the technologies used in the use of solar energy is solar panels. In maximizing the use of solar panels, it is necessary to select the right location, one of which is by using photogrammetric technology. One of the techniques is Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The results obtained with the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Banturejo Village include Orthophoto and (*Digital Surface Model*) DSM. The processed orthophoto has a resolution of 8.1 cm/pixel while the DSM has a resolution of 1.8 cm/pixel. Digitization was carried out to obtain the roof area where in Banturejo Village there are 6467 roof fields and 1954 building roofs with an area of 4.43 - 887.95 m². In this study, calculations were carried out using spatial data processing software with the Area Solar Radiation tool and with supporting data, namely rainfall obtained from the Climatology and Geophysics Agency (BMKG). The calculation produces a solar distribution pattern where buildings that have flat surfaces and point north get more solar radiation in July. The value of solar radiation is calculated to estimate electricity production, where in Banturejo Village in July it produces 106.94 - 18,785.44 Kwh. The results of solar distribution are validated with the thermal drone roof temperature distribution pattern. The distribution pattern of solar radiation with roof temperature has a suitable pattern.

Kata Kunci: Atap, DSM, Orthophoto, Panel Surya, UAV

Cara untuk sitasi: Hidayat, H. & Maulana, F.K. (2024). Pemanfaatan Digital Surface Model (DSM) dari UAV Fixed Wing untuk Analisis Potensi Panel Surya (Studi Kasus: Desa Banturejo, Kabupaten Malang). *Geoid*, 19(3), 448 - 458.

Pendahuluan

Dunia industri yang semakin berkembang menyebabkan kebutuhan energi semakin meningkat dari tahun ke tahun sedangkan saat ini energi yang digunakan sebanyak 80% masih menggunakan energi konvensional yang tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah lingkungan (Hasan, Mahlia, & Nur, 2012). Sumber energi ini masih didominasi oleh energi fosil, dimana sejak tahun 2002 energi tersebut diprediksi hanya dapat bertahan setidaknya selama 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam dan 200 tahun untuk batu bara (Afif & Martin, 2022).

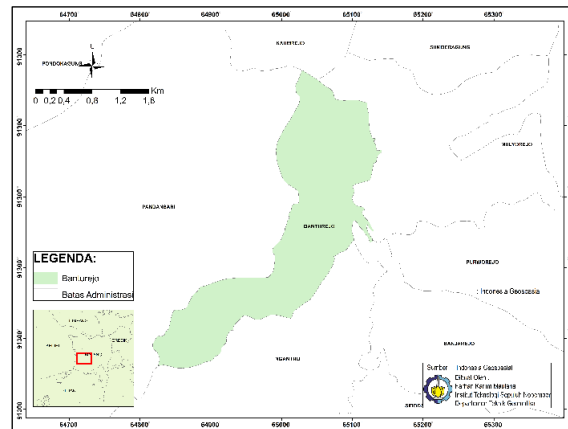
Dengan melihat semakin berkurangnya energi fosil tersebut penggantian bahan bakar fosil dengan energi baru dan terbarukan menjadi satu hal yang penting. Energi surya merupakan sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya (Purwoto, et. al., 2018). Dengan melihat letak geografis Indonesia yang berada pada 6° LU – 11° LS dan 95° BT – 141° BT yang terletak pada garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis, Dapat dikatakan bahwa negara ini memiliki tingkat intensitas matahari yang cukup stabil, wilayah Indonesia mendapatkan intensitas radiasi matahari yang cukup dengan rata-rata radiasi setiap harinya sekitar 4 kWh/m^2 (Hasan, Mahlia, & Nur, 2012). Oleh karena itu energi surya memiliki keunggulan – keunggulan dibandingkan dengan energi fosil.

Salah satu teknologi yang digunakan dalam penggunaan energi surya adalah panel surya (Solar Panel). Panel surya atau photovoltaic adalah teknologi digunakan dalam mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Penggunaan panel surya memiliki potensi yang besar untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Dengan mempertimbangkan banyaknya manfaat energi surya, penggunaan panel surya penting untuk diterapkan lebih lanjut dalam menunjang energi terbaru. Namun, untuk memaksimalkan identifikasi potensi panel surya dibutuhkan informasi tentang permukaan tanah dalam melakukan pemilihan lokasi yang tepat.

Salah satu teknik pengumpulan informasi mengenai permukaan tanah dengan menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) *Fixed Wing*. Wahana tersebut dapat menghasilkan foto udara yang kemudian dilakukan pengolahan sehingga mendapatkan Orthophoto dan *Digital Surface Model* (DSM). Dengan data Orthophoto dan *Digital Surface Model* untuk mendapatkan informasi tentang permukaan tanah dan data curah hujan yang didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) untuk melihat faktor cuaca. Hasil diharapkan penelitian ini dapat mengetahui estimasi produksi energi listrik panel surya di Desa Banturejo pada bulan jyang nantinya dapat digunakan warga Desa Banturejo untuk melihat potensi energi listrik yang dihasilkan panel surya jika dipasangkan pada atap bangunan.

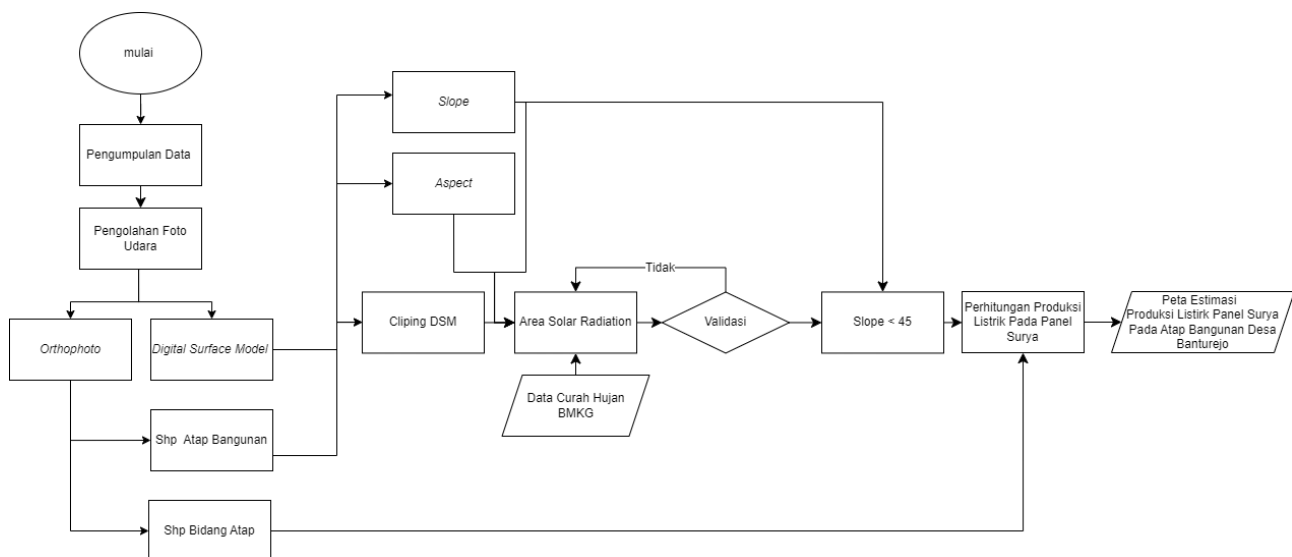
Data dan Metode

Lokasi penelitian ini dilakukan pada Desa Banturejo yang terletak di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Desa Banturejo terletak pada $112^{\circ}20'30''$ - $113^{\circ}23'0''$ BT dan $7^{\circ}54'0''$ - $8^{\circ}51'30''$ LS dengan batas wilayah sebelah utara Desa Kaumrejo, sebelah Timur Desa Ngantru, sebelah Selatan Desa Ngantru, dan sebelah Barat Desa Pandansari, Desa Banturejo memiliki total luas sekitar 289 Ha.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Agisoft Methashape Profesional untuk melakukan pengolahan foto udara, *software* pengolahan data spasial untuk melakukan proses digitasi, perhitungan radiasi matahari, dan pembuatan peta, dan Microsoft Excel untuk melakukan perhitungan estimasi produksi listrik.



Gambar 2. Alur Pelaksanaan

Pada penelitian ini dilakukan tahap pengumpulan data untuk mendukung proses pengolahan antara lain data foto udara Desa Banturejo yang telah diakuisisi oleh *Terra Drone Indonesia* pada menggunakan UAV *Fixed Wing*, data GCP yang telah diakuisisi, data batas administrasi Desa Banturejo yang bersumber dari Indonesia Geospasial Portal, data foto udara *thermal* Desa Banturejo yang telah diakuisisi oleh *Terra Drone Indonesia* menggunakan *drone thermal* dan data curah hujan yang didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika.

Pengolahan foto udara dilakukan dengan pemberian koordinat pada foto udara dengan proses *Geotagging* untuk mempermudah dalam melakukan *alignment photo*. Setelah foto udara memiliki koordinat dilakukan pengolahan menggunakan *software* Agisoft Metashape Profesional. Tahap yang dilakukan adalah memasukan foto yang telah dilakukan proses *Geotagging* lalu dilakukan seleksi pada foto udara yang *blur* dan tidak *overlap*. Setelah itu dilakukan proses *alignment photo* untuk menyatukan foto udara yang telah dikumpulkan. Kemudian foto udara dilakukan proses *Georeferencing* dengan menggunakan GCP yang telah

dikumpulkan sebelumnya. Dengan menggunakan GCP dilakukan koreksi geometrik dengan menyesuaikan data GCP yang diambil saat pengukuran terhadap titik GCP pada foto. Setelah itu dilakukan proses untuk menghasilkan *Orthophoto* dan *Digital Surface Model (DSM)* dengan cara *Build dense cloud*, *Build Mesh*, *Build DEM*, dan *Build Orthomosaic*. Kemudian hasil *Orthophoto* dijadikan *basemap* untuk melakukan proses digitasi atap bangunan dan tapak atap bangunan menggunakan *software* pengolahan data spasial. Dalam melakukan proses ini yang dilakukan digitasi tidak hanya atap bangunan rumah saja melainkan seluruh atap bangunan yang terdapat di Desa Banturejo.

Setelah didapatkan *shp* atap bangunan dilakukan pemotongan *Digital Surface Model (DSM)* dengan menggunakan *software* pengolahan data spasial. Kemudian dilakukan proses perhitungan menggunakan *software* pengolahan data spasial. *Tools* yang digunakan pada *software* pengolahan data spasial adalah *Area Solar Radiation*. Dengan memasukan data DSM yang telah dipotong, data curah hujan dan memilih rentang waktu selama satu bulan dengan interval per hari dan waktu tiga jam sekali. Radiasi matahari yang didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan *software* pengolahan data spasial dilakukan validasi dengan membandingkan pola sebaran radiasi matahari dengan pola sebaran temperatur pada atap dari data *Drone Thermal*.

Hasil dari pengolahan yang telah divalidasi akan diseleksi kembali menggunakan data slope dengan kemiringan kurang dari sama dengan 45° , hal ini dikarenakan tekanan angin di sudut kemiringan lebih dari 45 derajat akan memberi tekanan pada panel surya sehingga berdampak pada radiasi matahari yang didapat (Suprojo, *et. al.*, 2018). Kemudian dilakukan mencari nilai rata-rata radiasi matahari perbidang atap dan perhitungan jumlah estimasi produksi potensi listrik pada panel surya dengan persamaan sebagai berikut.

$$E = A \times r \times H \times PR \quad (1)$$

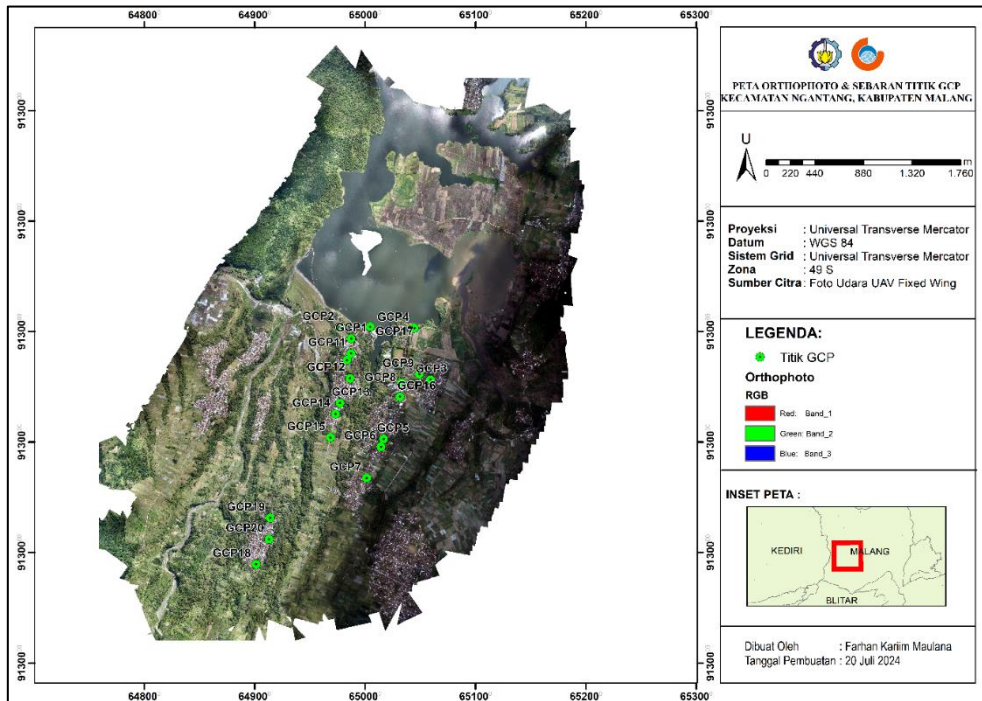
Dimana E merupakan daya dalam satuan Kwh, A adalah Luas setiap atap (m^2), r adalah efesien panel surya (%), H merupakan nilai radiasi matahari pada setiap tapak atap, PR adalah rasio performa dan koefisien daya panel surya (%). Nilai pada persamaan tersebut didapatkan dari *National Renewable Energi Laboratory (NREL)*. Dimana nilai dari efesisiensi panel r adalah 15% dan untuk nilai rasio peforma PR adalah 86% (Pavlovic & Georgiadis, 2019).

Hasil dan Pembahasan

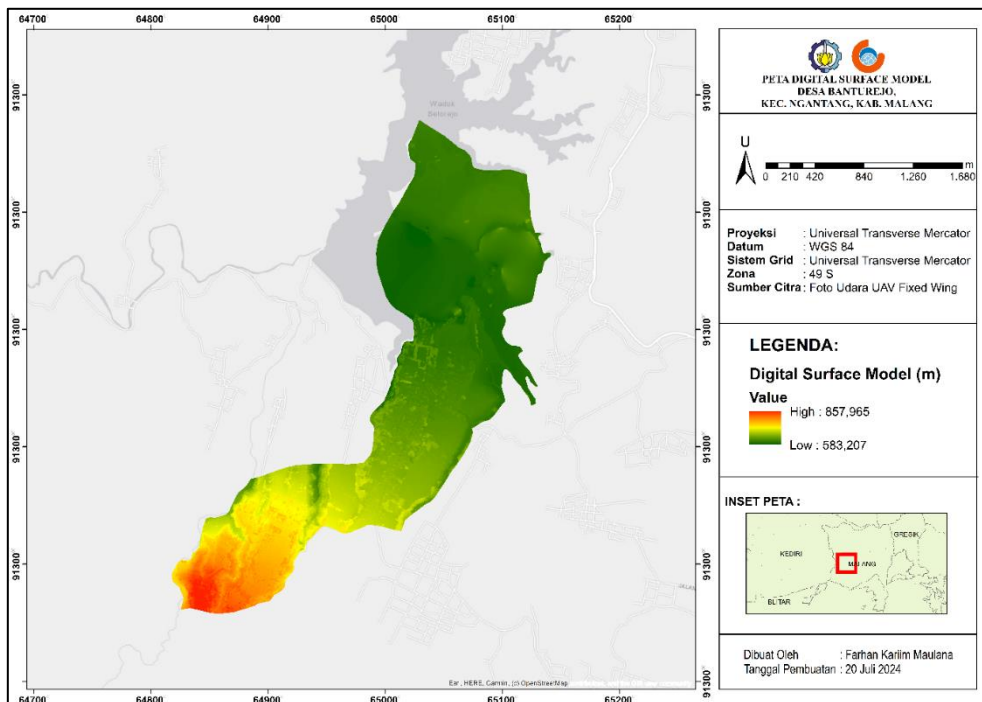
1. Hasil Pengolahan *Orthophoto* dan *Digital Surface Model (DSM)*

Pada penelitian ini menggunakan data foto udara UAV *Fixed Wing* yang diakuisisi pada bulan Juli 2023. Dimana keseluruhan foto udara yang diakuisisi dengan menggunakan UAV *Fixed Wing* berjumlah 1.314 foto udara. Titik GCP yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 20 titik yang telah . nilai error dari hasil Georeferencing dengan total nilai sebesar 0,0233 m. Dimana, error terbesar terdapat pada titik GCP 6 dengan error sebesar 0,051 m dan nilai error terkecil terdapat pada titik GCP 17 dengan nilai error sebesar 0,002 m.

Dari hasil *Digital Surface Model (DSM)* Desa Banturejo memiliki ketinggian 583,207-857,965 m dimana ketinggian terendah ditunjukkan dengan warna hijau yang merupakan daerah waduk dan ketinggian tertinggi ditunjukkan pada warna merah yang merupakan daerah dengan dataran tinggi di Desa Banturejo (Gambar 4).



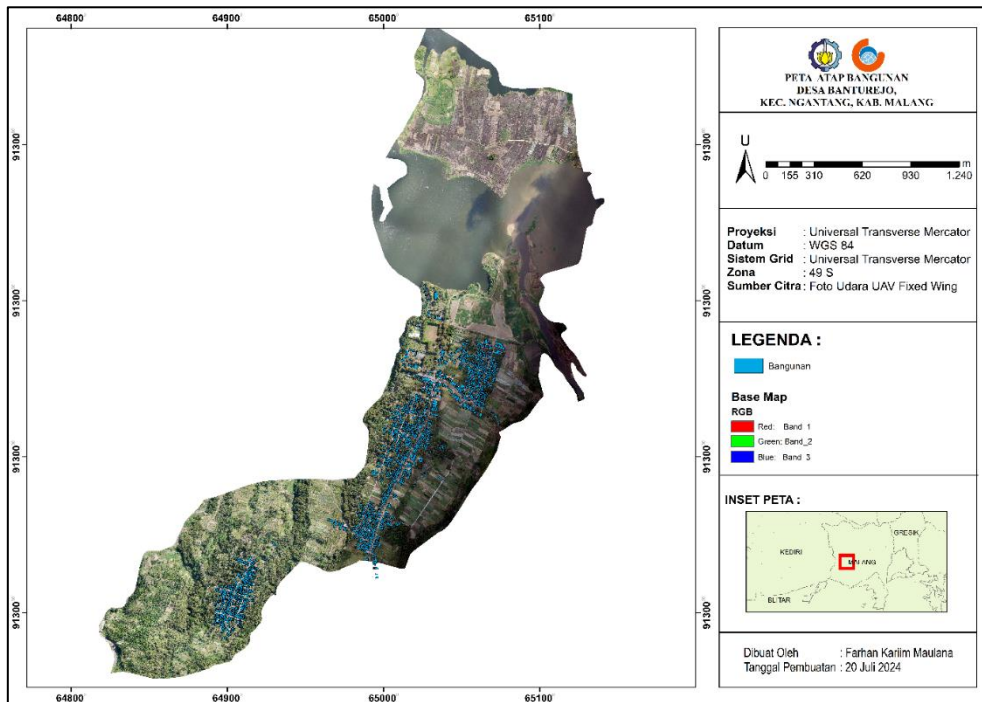
Gambar 3. Peta Orthophoto UAV *Fixed Wing* Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang



Gambar 4. *Digital Surface Model (DSM)* Desa Banturejo, Kabupaten Malang

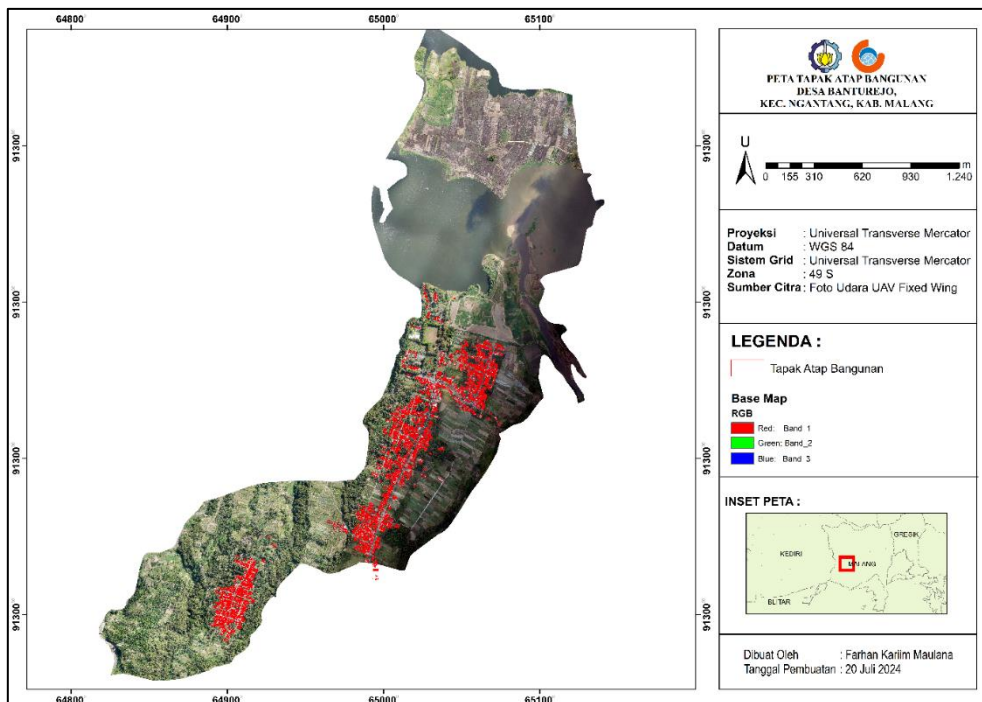
2. Hasil Pengolahan Digitasi Atap Bangunan dan Tapak Atap Bangunan

Digitasi dilakukan menggunakan software pengolahan data spasial secara manual dengan hasil orthophoto sebagai basemap. Proses ini menghasilkan data vektor yang memberikan informasi tentang bentuk dan luasan dari atap bangunan dan bidang atap yang berada di Desa Banturejo. Hasil digitasi pada setiap atap bangunan menghasilkan 1954 atap.



Gambar 5. Peta Digitasi Atap Bangunan

Digitasi dilakukan tidak hanya pada atap rumah saja, melainkan terdapat atap penginapan, pabrik, sekolah, gudang, masjid, dan kandang peternakan sapi perah. pada Desa Banturejo memiliki luasan yang beragam. Dimana atap pada Desa Banturejo memiliki luasan 4,43 – 887,95 m².

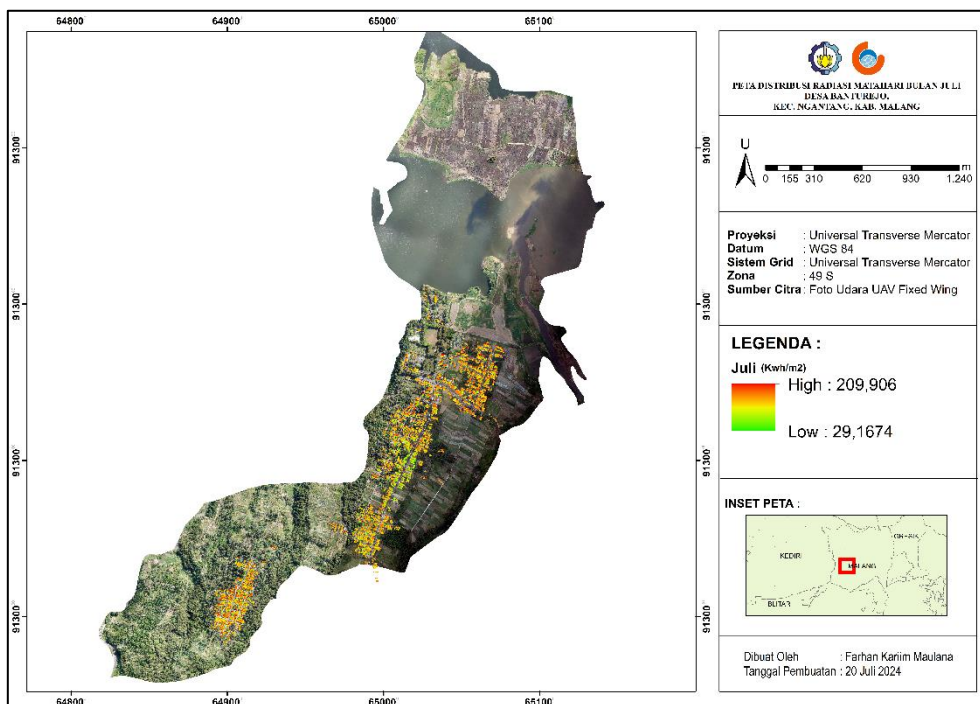


Gambar 6. Peta Digitasi Tapak Atap Bangunan

Hasil dari digitasi atap dapat membantu untuk melakukan digitasi pada bidang atap sebagai acuan. Digitasi bidang atap dilakukan sesuai arah orientasi dengan orthophoto sebagai basemap. Desa Banturejo memiliki 6467 bidang atap dengan arah yang berbeda-beda.

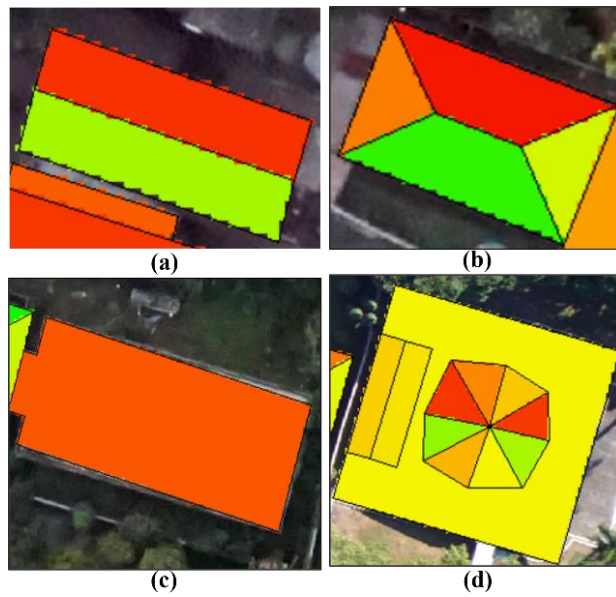
3. Hasil Pengolahan Distribusi Radiasi Matahari Pada Setiap Atap

Pengolahan potensi panel surya pada setiap atap di Desa Banturejo Kec. Ngantang, Kab. Malang pada bulan Juli dilakukan dengan *software* pengolahan data spasial dengan *tools Area Solar Radiation*. Dimana *tools Area Solar Radiation* merupakan konfigurasi dari *software* pengolahan data spasial untuk menghitung radiasi sinar matahari pada cakupan yang luas. Hasil pengolahan dari *tools Area Solar Radiation* pada tiap bulan memiliki satuan Wh/m^2 yang telah dilakukan konversi menjadi Kwh/m^2 . Hasil perhitungan menunjukkan distribusi radiasi matahari dengan nilai radiasi yang beragam pada setiap bangunannya. Dapat dilihat pada pada bulan Juli menghasilkan distribusi radiasi matahari tertinggi ditunjukkan dengan warna jingga sedangkan distribusi radiasi matahari terendah ditunjukkan dengan warna hijau. Hasil distribusi matahari pada bidang atap yang memiliki permukaan datar dan mengarah ke utara mendapatkan radiasi matahari yang cukup tinggi.



Gambar 7. Distribusi Radiasi Matahari Pada Bulan Juli

Pada Gambar 8 merupakan distribusi radiasi matahari pada atap bangunan yang memiliki orientasi berbeda-beda. Dimana pada Gambar (a) atap dengan bentuk pelana, mendapatkan distribusi maksimal terdapat pada atap yang memiliki orientasi ke arah timur laut sedangkan pada atap yang mengarah ke barat daya cenderung rendah. Atap yang memiliki bentuk limas seperti pada Gambar (b) memiliki distribusi tertinggi pada atap yang mengarah ke timur laut dan ke arah barat laut cenderung sedang. Tetapi pada atap yang memiliki orientasi tenggara dan barat daya cenderung rendah. Pada atap yang memiliki permukaan datar seperti pada Gambar (c) terdistribusi secara merata ke seluruh permukaan atap. Pada Gambar (d) merupakan atap yang bentuk berpotongan, pelana, dan permukaan datar. Dimana pada atap tersebut radiasi terdistribusi paling tinggi pada atap yang memiliki orientasi timur laut.



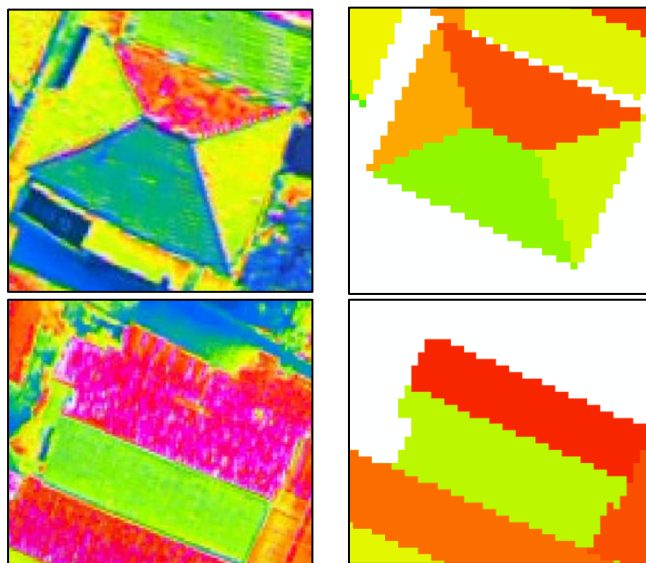
Gambar 8. Distribusi Radiasi Matahari Pada Bulan Juli

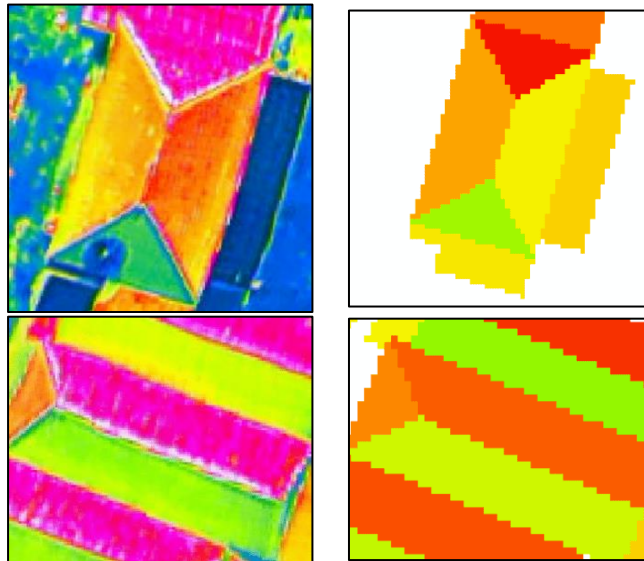
Berdasarkan (a) Atap Pelana, (b) Atap Limas, (c) Atap Datar, (d) Atap Berpotongan, Pelana, dan Permukaan Datar.

Sedangkan pada atap dengan orientasi barat daya, tenggara dan datar cenderung sedang, pada atap dengan orientasi selatan cenderung rendah. Pada atap (d) terdapat atap yang memiliki atap datar dengan distribusi yang merata. Namun dikarenakan atap tersebut memiliki 3 bentuk yang berbeda radiasi matahari terdistribusi dari berbagai arah. Distribusi radiasi matahari tersebut dipengaruhi oleh gerak semu tahunan matahari pada bulan Juli yang memiliki kemiringan $23,5^\circ$ lintang utara (Wijaya, 2010). Hal ini menyebabkan pada bulan Juli distribusi tertinggi pada orientasi timur laut.

4. Hasil Validasi

Uji Validasi dilakukan dengan membandingkan pola sebaran radiasi matahari hasil pengolahan menggunakan software pengolahan data spasial dengan data temperatur atap bangunan hasil foto udara Drone Thermal. Uji validasi ini dilakukan dengan menggunakan data Drone Thermal dikarenakan temperatur permukaan berbanding lurus (Yusoff, et. al., 2019).





Gambar 9. Distribusi Radiasi Matahari Pada Bulan Juli

Validasi yang dilakukan dengan membandingkan visual kedua data tersebut dengan empat sampel yang diambil disamakan dengan waktu akusisi Drone Thermal,. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan cakupan area dari data validasi Drone Thermal. Pada Gambar 9 merupakan visualisasi validasi perbandingan hasil pengolahan dengan data Drone Thermal. Validasi menggunakan data drone thermal menunjukkan pola yang sesuai, dimana atap yang mendapatkan distribusi tertinggi pada bulan Juli merupakan tapak atap yang mengarah ke timur laut.

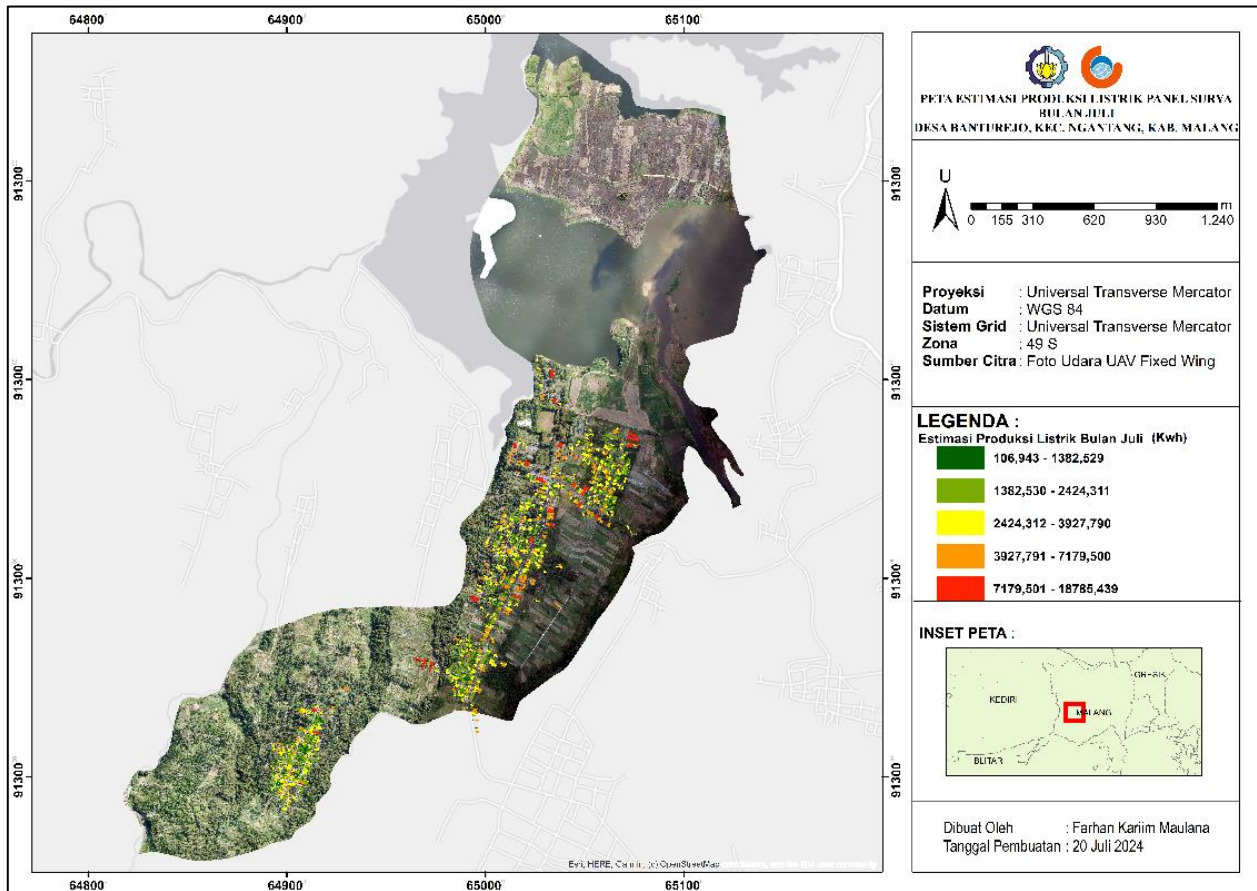
5. Hasil Estimasi Produksi Listrik Pada Bulan Juli

Nilai radiasi matahari yang sudah didapatkan dari hasil pengolahan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai produksi listrik pada panel surya. Hasil perhitungan produksi listrik pada bulan Juli menghasilkan nilai estimasi produksi listrik tertinggi yaitu 18785,44 Kwh sedangkan nilai terendah 106,94 Kwh. Curah hujan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi produksi listrik pada panel surya.

Tabel 1. Kategori Curah Hujan

Rentang Curah Hujan	Label	Kategori Curah Hujan
0,5 - 20 mm/hari	1	Ringan
21 - 50 mm/hari	2	Sedang
51 - 100 mm/hari	3	Lebat
>100 mm/hari	4	Sangat Lebat

Pada bulan Juli mengalami 8 hari hujan di Desa Banturejo dengan curah hujan sebesar 3 mm per hari sehingga berdasarkan kategori curah hujan BMKG dapat dikatakan bahwa bulan Juli memiliki curah hujan yang rendah. Hal tersebut dikarenakan paparan radiasi matahari yang kurang dapat berpengaruh pada produktifitas panel surya, sehingga menyebabkan berkurang produksi listrik yang dihasilkan.



Gambar 10. Estimasi Produksi Listrik Pada Bulan Juli

Kesimpulan

Bedasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yaitu pengolahan DSM hasil foto udara UAV *Fixed Wing* mendapatkan resolusi 8,1 cm/pixel untuk orthophoto sedangkan 1,84 cm/pixel untuk *Digital Surface Model (DSM)*. Dari hasil tersebut dapat diolah lebih lanjut menggunakan metode digitasi sehingga didapatkan luas atap bangunan untuk mengestimasi potensi panel surya di Desa Banturejo. Dengan luas atap bangunan atap antara 4,43 – 887,95 m² , Desa Banturejo memiliki potensi yang cukup tinggi pada bulan Juli dengan estimasi dapat memproduksi listrik 106,94 – 18785,44 Kwh. Dengan atap yang memiliki distribusi radiasi tertinggi pada atap yang memiliki orientasi timur laut. Hal ini divalidasi dengan membandingkan hasil visualisasi pola sebaran radiasi matahari dengan data temperatur atap bangunan hasil foto udara *Drone Thermal*. Dimana dari kelima sampel yang diambil kesesuaian warna dan bangunan yang menghadap ke timur laurt mendapatkan potensi radiasi sinar matahari yang tinggi. Dengan validasi telah dilakukan dan didapatkan estimasi produksi listrik dalam satu bulan, penelitian ini dapat menjadi rujukan untuk warga Desa Banturejo dalam melakukan pemasangan panel surya dengan melihat potensi yang ada. Setelah didapatkan hasil yang telah dilakukan validasi dan nilai estimasi produksi listrik pada Desa Banturejo, saran untuk penelitian ini adalah dapat dilakukan pada setiap bulan dengan rentang waktu satu tahun.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Terra Drone Indonesia sebagai instansi yang membantu dalam melakukan akuisisi data sehingga berjalan dengan lancar. Penulis juga mengucapkan terima kasih semua pihak

yang telah mendukung penelitian ini Departemen Teknik Geomatika atas fasilitas yang telah diberikan selama pengerjaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Afif, F., & Martin, A. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 43-52.
- Esri. (2019). *Area Solar Radiation (Spatial Analyst)*. Diambil kembali dari ArcGIS Pro: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/area-solar-radiation.htm>
- Esri. (2023). *Understanding Slope*. Diambil kembali dari ArcGIS Pro: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/understanding-slope.htm>
- Goricki, M., Petric, P., Franges, S., & Bacic. (2017). Analysis Of Solar Potential Of Roofs Based On. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.
- Goroshin, R., Wilson, A., Lamb, A., Peng, B., Ewonus, B., Ratsch, C., . . . Elkin, C. (2023). Estimating Residential Solar Potential Using Aerial Data. *ICLR*.
- Han, Y., Pan, Y., Zhao, T., Wang, C., & Sun, C. (2019). Use Of Uav Photogrammetry To Estimate The Solar Energy Potential Of Residential Buildings In Sever Cold Region. *Intelligent & Informed, Proceedings of the 24th International Conference*, 613-622.
- Hasan, M. H., Mahlia, T., & Nur, H. (2012). A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Review*.
- Kerong, R. G., Thahjadi, M. E., & Agustina, F. D. (2022). Kajian Perbandingan Akurasi DTM Pengolahan Data Foto Udara Menggunakan Metode Otomatis Dan Semi-Otomatis Filterin. *Jambura Geoscience Review*, 69-85.
- Pavlovic, B., & Georgiadis, M. P. (2019). The Application of ArcGIS For Assessing The Potential Of Solar Energy In Urban Area : The Case Of Vranje. *12th International Conference on Energy and Climate Change*.
- Purwoto, B. H., Jamiko, Alimul, M. F., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Suprojo, B., Utami, W., Saraswati, L. A., Nabila, D. A., & Salim, M. N. (2022). Digital Earth Surface Model for The Estimation . *Geoplanning*, 103-120.
- Taufik, M., & Budisusanto, Y. (2018). *Penulisan Jurnal*. Surabaya: Geoid Geomatika ITS.
- Wijaya, A. C. (2010). *Gerak Semu Bumi dan Bulan*. Jayapura: Digital Learning Lesson Study Jayapura.
- Yusoff, M. I., Ibrahim, S., Irwanto, M., & Nair, G. (2012). Relationship Between The Solar Radiation and Surface Temperature in Perlis. *Advanced Materials Research Vols. 512-515*, 145-146.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).