

## ANALISIS POTENSI TENAGA SURYA PADA PERMODELAN BANGUNAN TIGA DIMENSI BERDASARKAN DATA OPEN STREET MAP (STUDI KASUS: UNIVERSITAS GADJAH MADA YOGYAKARTA)

Gilang Cahya Nusantara<sup>1</sup>, Bondan Galih Dewanto<sup>\*2</sup>

\*Email: bondan.galih.d@mail.ugm.ac.id

<sup>1</sup> Pusat Studi Bencana Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup> SMA Negeri 2 Wonosari, Yogyakarta, Indonesia

(Diterima 10 Mei 2020, Disetujui 03 Juli 2020)

### ABSTRAK

Krisis energi yang melanda dunia setelah dieksploitasi secara besar-besaran terhadap energi fosil menyebabkan masyarakat harus berpikir kembali tentang energi terbarukan. Di Indonesia, konsumsi energi listrik selalu meningkat setiap tahunnya dengan energi fosil mendominasi sumber energi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 79 tahun 2014, tentang Kebijakan Energi Nasional, Pemerintah Indonesia memiliki target nasional dalam pelaksanaan energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Keterbukaan informasi dan perkembangan teknologi geospasial ditunjukkan melalui tersedianya informasi mengenai dimensi, lokasi, dan ketinggian objek di permukaan bumi melalui *website open street map* (OSM), salah satunya gedung. Data *Digital Elevation Model* (DEM) dapat diakses melalui *website* Badan Informasi Geospasial (BIG). Pemanfaatan informasi tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak QGIS dan ArcGIS Pro. Adanya krisis energi dan perkembangan teknologi memunculkan *calculate Solar Radiation* (terdapat dalam ArcGIS Pro) yang dapat menghitung potensi surya di suatu lokasi berdasarkan data gedung tiga dimensi, DEM, dan intensitas cahaya matahari. Universitas Gadjah Mada (UGM) telah mengumumkan komitmennya dalam mewujudkan energi baru dan terbarukan di Indonesia. Oleh karena itu, peneliti berkeinginan untuk mengetahui potensi surya di wilayah UGM guna mewujudkan program pemerintah dalam penerapan energi baru terbarukan. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, kami mendapatkan jumlah potensi energi surya sebesar 369.543 kWh/ m<sup>2</sup>/ hari. Penelitian ini diharapkan UGM dapat menjadi kampus percontohan dalam penerapan energi baru terbarukan yaitu energi surya dan dapat mengurangi penggunaan energi listrik konvensional yang menggunakan energi fosil.

**Kata kunci:** *Potensi Energi Surya, Bangunan Tiga Dimensi, Open Street Map, UGM.*

### ABSTRACT

*Energy crisis that occurred in the world after being exploited on a large scale against fossil energy caused people has to think again about renewable energy. In Indonesia, the electricity consumption always increases every year with fossil energy dominating energy sources. Based on the Government Regulation number 79 of 2014, concerning the National Energy Policy, the Government of Indonesia has a national target in the implementation of renewable energy of 23% in 2025 and 31% in 2050. Information disclosure and development of geospatial technology is shown through the availability of information on the dimensions, location, and the height of objects on the surface of the earth through the open street map (OSM) website, one of which is the building. Digital Elevation Model (DEM) data can be accessed through the Geospatial Information Agency (BIG) website. Utilization of this information can be done by utilizing QGIS and ArcGIS Pro software. The existence of an energy crisis and technological developments led to calculate Solar Radiation (contained in ArcGIS Pro) which can calculate the solar potential at a location based on three-dimensional building data, DEM, and solar intensity. Gadjah Mada University (UGM) has announced their commitment in realizing new and renewable energy in Indonesia. Therefore, researchers intend to find out the solar potential in the UGM region in order to realize government programs in the application of new renewable energy. Based on the analysis done in this research, we get the amount of solar energy potential of 369,543 kWh/ m<sup>2</sup>/ day. Through this research we hope that UGM can become a pilot campus in the application of renewable energy, solar energy and can reduce the use of conventional electricity using fossil energy.*

**Keywords:** *Solar Energy Potential, Three Dimensional Building, Open Street Map, UGM.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia ialah negara yang memiliki jumlah penduduk terbesar ke empat di dunia. Hal tersebut menggambarkan bahwa Indonesia memerlukan energi listrik yang sangat besar. Selama ini sumber energi listrik didominasi dari bahan dasar fosil yang memberikan efek buruk terhadap kesehatan dan pemanasan global (Moriarty dkk, 2019). Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 79 tahun 2014, tentang Kebijakan Energi Nasional, Pemerintah Indonesia memiliki target nasional dalam pelaksanaan energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Salah satu energi terbarukan yang sangat berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi surya (Yandri, 2012).

Energi surya adalah proses memanfaatkan cahaya matahari menjadi energi listrik. Potensi energi matahari sangat besar, seperti yang dinyatakan dalam pernyataan populer bahwa jumlah sinar matahari yang mengenai Bumi dalam satu jam sama dengan total penggunaan energi primer tahunan di seluruh dunia (Landsberg, 1981).

Perkembangan dan keterbukaan teknologi Sistem Informasi Geografis dapat dimanfaatkan untuk melakukan analisis potensi tenaga surya (Pinde dan Paul, 1999; Ziyad dkk, 2017). Untuk mengetahui dimensi, lokasi, dan ketinggian objek di permukaan bumi melalui website open street map (OSM) (Nurrohmah dan Sulistioningrum, 2019). Data *Digital Elevation Model* (DEM/DEMNAS) menyediakan informasi variasi ketinggian alam, mulai dari dataran rendah (Sulistiana dkk, 2019). Pemanfaatan informasi tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak QGIS dan ArcGIS Pro (Chow dkk, 2014). Adanya krisis energi dan perkembangan teknologi memunculkan *calculate Solar Radiation* (terdapat dalam ArcGIS Pro) yang dapat menghitung potensi surya disuatu lokasi berdasarkan data gedung tiga dimensi, DEM, dan intensitas cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari tersedia di dalam *calculate solar radiation* berdasarkan koordinat lokasi yang ingin diketahui potensi suryanya (ESRI, 2020).

Pusat Studi Energi Universitas Gadjah Mada (PSE-UGM) pada 3 Juli 2014 meluncurkan Buku Putih Energi Nasional dengan tema langkah percepatan menuju Indonesia Madiri Energi. Acara tersebut dihadiri oleh perwakilan dari beberapa instansi pemerintah yang bekecimpung dalam riset serta tata kelola energi, civitas akademika. Buku putih ini merupakan ringkasan dari kajian

menyeluruh mengenai kedaulatan energi ditinjau dari ketersediaan energi nasional, penyusunan skenario bauran energi, aspek pembiayaan dan potensi penggunaan energi baru dan terbarukan (PSE-UGM, 2014).

UGM, sebagai universitas yang sudah mendeklarasikan kemandirian energi, alangkah baiknya jika mempunyai gambaran mengenai potensi energi surya di areanya. Dalam penelitian ini, kami mencoba untuk menganalisis potensi tenaga surya di area UGM dengan menggunakan data *Open Street Map* (2D dan 3D), DEMNAS, dan data intensitas cahaya matahari guna. Dengan hal tersebut, diharapkan UGM dapat menjadi universitas pelopor dalam mengaplikasikan energi surya sebagai sumber energi listrik secara keseluruhan dalam rangka mendukung program pemerintah dalam kemandirian energi. Pada bagian akhir, akan diperoleh distribusi potensi tenaga surya di kawasan UGM beserta analisis yang menunjukkan potensi surya rendah, sedang, cukup tinggi, tinggi, dan sangat tinggi.

### 1.2 Rumusan Masalah

Analisis potensi surya dalam bentuk tiga dimensi ini tergolong metode yang jarang digunakan. Biasanya analisis potensi surya dilakukan dengan menggunakan alat pengukuran secara langsung. Biaya peralatan dan sumber daya manusia dalam pengukuran menjadi permasalahan utama. Selain itu distribusi secara total pada bangunan tidak dapat didapatkan dari pengukuran langsung. Oleh karena itu, melalui penelitian ini, kami ingin memanfaatkan data yang tersedia secara gratis berupa data OSM 2D dan 3D serta DEMNAS untuk mengetahui data potensi surya di area UGM tanpa melakukan survei langsung. Data yang diperoleh yaitu besaran kWh, prosentase, dan distribusi persebaran di area Universitas Gadjah Mada.

### 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian antara lain

1. Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini ialah area UGM.
2. Dilakukan pembentukan DSM (gedung 3D) dengan menggunakan QGIS dan ArcGIS Pro.
3. Menggunakan data DSM untuk melakukan analisis potensi surya dengan memanfaatkan *calculate solar radiation*.
4. Diketahui kWh, prosentase, dan distribusi persebaran potensi surya di UGM.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

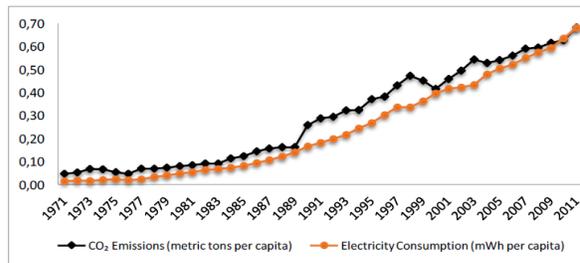
### 2.1 Konsumsi Energi di Indonesia

Berdasarkan penelitian dari Basyiran (2014), dapat diketahui jumlah produksi listrik yang bersumber dari minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Selain jumlah produksi, kita juga dapat melihat presentase dari masing-masing sumber energi yang dihasilkan. Rincian mengenai besaran produksi listrik dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan penggunaan energi listrik di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun, hal ini dapat dilihat pada Gambar 1.

**Tabel 1.** Produksi Energi Listrik Indonesia

Tahun	Produksi listrik (gWh)				Bauran total produksi listrik (%)				Total produksi listrik
	Minyak	Batu bara	Gas alam	Jumlah	Minyak	Batu bara	Gas alam	Total bauran	
2007	34,597	41,880	18,915	95,392	31.10	37.65	17.00	85.75	111,241
2008	38,024	41,311	21,184	100,519	32.21	35.00	17.95	85.15	118,048
2009	34,941	43,138	28,738	106,817	28.97	35.76	23.82	88.55	120,628
2010	33,781	46,685	32,018	112,484	25.65	35.45	24.31	85.40	131,710
2011	41,846	54,950	32,138	128,934	29.32	38.50	22.52	90.33	142,739

Sumber: Basyiran (2014)



Sumber: Basyiran (2014)

**Gambar 1.** Emisi Karbon (CO2) dan Konsumsi Energi Listrik di Indonesia, 1971-2011

### 2.2 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari (radiasi energi dalam bentuk panas dan cahaya yang dipancarkan oleh matahari). Didapat dengan mengubah energi panas surya melalui peralatan tertentu menjadi sumberdaya dalam bentuk lain (Terraningtyas dkk, 2017). Teknologi PV mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik melalui perangkat semikonduktor yang disebut sel surya, sedangkan teknologi surya termal memanfaatkan panas dari radiasi matahari dengan menggunakan alat pengumpul panas atau yang biasa disebut kolektor surya. Teknologi PV dimanfaatkan untuk

pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berupa sistem terpusat (*centralized*), sistem tersebar (*stand alone*) dan sistem hibrida (Suyuti dkk, 2017).

### 2.3 Potensi Energi Surya di Indonesia

Potensi pengembangan energi surya sangat besar, tercatat Indonesia memiliki potensi energi surya sebesar 207.898 MW (4,80 kWh/m2/hari). Saat ini, pemanfaatan energi surya di Indonesia baru mencapai 0,05% dari potensi yang ada, dan kapasitas terpasang untuk Pembangkit Tenaga Surya baru mencapai 100 MW, harus mencapai peningkatan sekitar 900 MW sesuai target RUEN. Target Pemerintah membangun PLTS sebesar 6,5 GW pada 2025 juga terus dikejar. PLTS merupakan bagian dari solusi energi alternatif, sekaligus demi menciptakan kualitas udara yang lebih baik (Humas EBTKE, 2019).

### 2.4 ArcGIS Pro dan QGIS

ArcGIS Pro adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membentuk peta 2D dan 3D, menganalisis data, dan menulis pengetahuan geografis. Perangkat lunak tersebut tersaji dalam platform online sehingga memerlukan koneksi internet untuk mengaksesnya. Terdapat berbagai penerapan dari ArcGIS Pro salah satunya untuk mengetahui data potensi surya. Data potensi surya dapat diketahui dengan menggunakan *calculate solar radiation* yang masih bagian dari ArcGIS Pro. Dalam ArcGIS Pro, badan pekerjaan terkait terdiri dari banyak peta, adegan, tata letak, data, tabel, alat, dan sumber daya lainnya biasanya diorganisasikan dalam sebuah proyek. Secara default, proyek disimpan dalam folder sistemnya sendiri. *File* proyek memiliki ekstensi *.aprx*. Sebuah proyek juga memiliki geodatabase sendiri (*file* dengan ekstensi *.gdb*) dan kotak alatnya sendiri (*file* dengan ekstensi *.tbx*) (ESRI, 2020).

Berdasarkan *website* QGIS (2020), QGIS (biasa disebut dengan Quantum GIS) adalah aplikasi sistem informasi geografis (GIS) desktop sumber terbuka dan bebas lintas platform yang menyediakan tampilan, penyuntingan, dan analisis data. Mirip dengan sistem perangkat lunak GIS lainnya, QGIS memungkinkan pengguna untuk membuat peta dengan banyak lapisan menggunakan berbagai proyeksi peta. Peta dapat dihimpun dalam format yang berbeda dan untuk kegunaan yang berbeda. QGIS terintegrasi dengan paket sumber terbuka GIS lainnya, termasuk PostGIS, GRASS GIS, dan MapServer untuk memberikan pengguna fungsi yang luas. Plugins ditulis di Python atau C++ memperluas kemampuan QGIS. Plugin dapat membuat *geocode* menggunakan Google Geocoding API, melakukan

*geoprocessing* menggunakan fTools, yang mirip dengan alat-alat standar yang ditemukan di ArcGIS, dan antarmuka dengan basis data PostgreSQL/PostGIS, SpatiaLite dan MySQL.

## 2.5 Open Street Map

*Open Street Map* (OSM) adalah sebuah web yang berisi peta dari seluruh dunia yang dapat diakses oleh siapapun secara gratis. Peta tersebut berasal dari survei GPS, digitalisasi citra udara, dan sumber publik yang berasal dari data geografis. *Open Street Map 3D building* (OSM 3D building) ialah sebuah peta 3 dimensi yang bekerja dengan web peta, aplikasi GIS, alat analisis, dan visualisasi 3D. Peta tersebut menyajikan data geometri jejak kaki, tinggi, jenis, id sumber, dan properti lainnya jika tersedia. OSM 3D building dapat diakses oleh siapapun secara gratis (Website OSM 3D building, 2020). Dalam rangka menggunakan data OSM di Kota Yogyakarta, Aditya dkk (2012) melakukan evaluasi akurasi data Open Street Map dan hasilnya menunjukkan bahwa Kota Yogyakarta memiliki fitting yang sangat baik untuk data referensi. Contoh dari tampilan informasi yang terdapat pada website OSM 3D building terdapat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Informasi pada OSM 3D building

## 2.6 Calculate Solar Radiation

*Calculate Solar Radiation* adalah konfigurasi dari ArcGIS pro yang sering digunakan untuk menghitung radiasi sinar matahari untuk masyarakat luas. Peta radiasi matahari membentuk sebuah gambaran pada suatu bangunan, apakah memiliki potensi untuk pemasangan panel surya atau tidak. Visualisasinya berupa atap bangunan atau tanah dan evaluasinya dapat dilakukan per bangunan atau per area yang dipilih. *Calculate solar radiation* memungkinkan untuk memetakan dan menganalisis efek matahari suatu geografi pada periode waktu tertentu. (ESRI, 2020).

Perangkat *Calculate Solar Radiation* adalah pengembangan dari perangkat *solar analyst* yang

terdapat pada ArcGIS dimana ASR, PSR dan SRG merupakan alat untuk memodelkan radiasi matahari pada skala lanskap. Mereka adalah bagian dari tiga alat yang dirancang dalam paket yang disebut *Calculate Solar Radiation*. Data insulasi dengan kualitas tinggi untuk resolusi tinggi tidak tersedia untuk sebagian besar wilayah geografis. Karena perbedaan besar dalam isolasi dalam jarak pendek karena perbedaan topografi, pengukuran titik spesifik seperti data stasiun cuaca tidak layak untuk digunakan. Keragaman ketinggian dan kemiringan, serta bayangan dari elemen topografi akan membuat perbedaan ini. Perangkat tersebut adalah alat pemodelan radiasi matahari geometris yang komprehensif, dan harus mampu menangani pemodelan canggih dengan kecepatan, ketepatan, dan fungsi penghitungan yang lebih besar daripada alat lain. (Fu dan Kaya 1999)

Dewanto dkk (2019) melakukan penelitian analisis potensi surya menggunakan data gedung tiga dimensi beserta DEM yang didapatkan dari hasil pengolahan data foto udara (alat yang digunakan adalah pesawat tak berawak) di kampus National Cheng Kung University, Taiwan. Perangkat lunak utama yang digunakan untuk menganalisis potensi tenaga surya adalah *Calculate Solar Radiation* yang terdapat pada ArcGIS Pro. Dalam penelitian tersebut, dijelaskan bahwa gedung 3D dan DEM diinput menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Data gedung 3D yang telah jadi di *extrude* menjadi *3D featureclass* agar dapat dilakukan pengolahan analisis potensi tenaga surya di kawasan NCKU Taiwan menggunakan perangkat *calculate solar radiation*. Penelitian Dewanto dkk (2019) menghasilkan sebaran lokasi yang memiliki potensi tenaga surya dari potensi rendah hingga tinggi (putih berarti potensi rendah dan merah berarti potensi tinggi).

## 3. ALAT DAN BAHAN

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

- a. Perangkat Lunak
  - i. ArcGIS Pro\_24\_169232
  - ii. QGIS 2.18.24
  - iii. Calculate Solar Radiation
- b. Perangkat Keras
  - i. Laptop
  - ii. Harddisk dan Flashdisk
  - iii. Printer

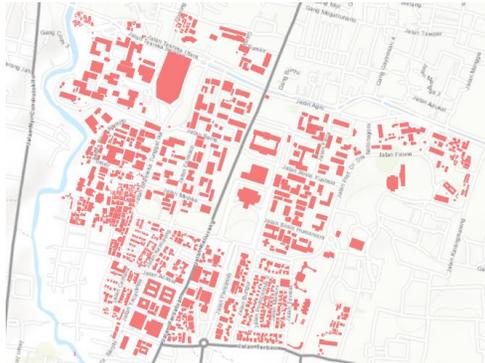
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data lokasi dan dimensi UGM dari OSM dua dimensi. (Januari, 2020)
- b. Data ketinggian bangunan UGM dari OSM gedung tiga dimensi. (Januari, 2020)

- c. DEMNAS pada area UGM dari *website* Badan Informasi Geospasial (BIG). (Januari, 2020)

**4. METODE PENELITIAN**

Lokasi penelitian adalah Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Lokasi Penelitian (distribusi lokasi bangunan dua dimensi UGM)

Penelitian ini dimulai dengan pencarian data pokok berupa lokasi dan dimensi dari OSM dua dimensi, data ketinggian bangunan dari OSM gedung tiga dimensi, dan DEM dari *website* BIG. Selanjutnya peneliti melakukan pengecekan koordinat data lokasi dan data bangunan dua dimensi dengan perangkat lunak QGIS.

Selanjutnya, peneliti memasukkan ketinggian bangunan pada table atribut data gedung dua dimensi dengan perangkat lunak QGIS. Data yang tersedia pada 3D building Open Steet Map (<https://osmbuildings.org/>) di sekitar UGM adalah berupa informasi jumlah lantai. Pada penelitian ini, kami mengasumsikan satu lantai dengan ketinggian tiga meter. Cuplikan atribut tabel yang telah ditambahkan data ketinggian dapat dilihat pada Gambar 4.

social_fac	h_gedung
	3
	6
	3
	6
	6

**Gambar 4.** Cuplikan atribut tabel data OSM dua dimensi pada perangkat lunak QGIS

Data yang dihasilkan dari pengolahan tersebut ialah data gedung yang telah memiliki nilai ketinggian, kemudian peneliti melakukan proses *extrude* (lihat Gambar 5) data pada perangkat lunak ArcGIS Pro. Setelah proses *extrude*, peneliti membentuk *3D feature class* dalam *geodatabase* dengan menggunakan ArcGIS Pro. Setelah data terbentuk, dilakukan input data DEM. Setelah data DEM dan gedung tiga dimensi terbentuk, dilakukan pengolahan distribusi potensi tenaga surya dengan menggunakan perangkat lunak *Calculate Solar Radiation* yang dijalankan di ArcGIS. Selanjutnya pada permodelan bangunan tiga dimensi dilakukan penghitungan total kWh dan dilakukan penggolongan potensi energi surya berdasarkan besaran prosentase dan warna.



**Gambar 5.** Gedung tiga dimensi setelah data ketinggian melalui proses *extrude*

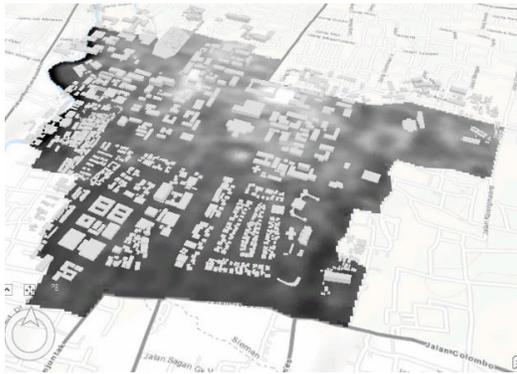
Pada saat menjalankan *Calculate Solar Radiation*, terdapat dua proses utama pengolahan. Pertama, perhitungan potensi tenaga surya di DEM. Proses ini memerlukan data DEM yang didapatkan dari DEMNAS, gedung tiga dimensi dalam bentuk *feature class*, dan data intensitas cahaya yang sudah terdapat pada perangkat lunak ArcGIS Pro. Kedua, perhitungan potensi tenaga surya pada gedung tiga dimensi UGM yang memerlukan data potensi surya yang sudah dihasilkan dari proses pertama dan data gedung tiga dimensi dalam bentuk *feature class*.

Hasil dari penelitian ini berupa distribusi potensi tenaga surya yang digambarkan dalam bentuk permodelan potensi tiga dimensi, total kWh per hari dan prosentase potensi surya jika dikelompokkan dari yang tidak berpotensi hingga sangat berpotensi.

## 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 DEM dan 3D Feature Class

Sebelum menggunakan perangkat lunak *Calculate Solar Radiation*, perlu dilakukan proses pemotongan DEM yang kemudian disesuaikan dengan wilayah UGM. Hal ini dilakukan guna mempercepat pemrosesan data. Selain itu, data gedung tiga dimensi harus dikonversi menjadi 3D *Feature Class*. Gambar 6 menjelaskan kepada kita mengenai hasil pemotongan DEM dan 3D *Feature Class*. Tahap selanjutnya adalah pemrosesan potensi tenaga surya berdasarkan data tersebut.



**Gambar 6.** Tampilan DEM dan gedung tiga dimensi UGM dalam bentuk 3d feature class

### 5.2 Potensi Tenaga Surya di sekitar UGM

Distribusi potensi tenaga surya yang didapatkan dikategorikan menjadi dua, yaitu potensi pada DEM dan permodelan gedung UGM tiga dimensi. Potensi tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Distribusi Potensi Tenaga Surya di Kawasan UGM

Gambar 7 menunjukkan hasil potensi energi tenaga surya di area UGM yang berasal dari data DSM dan DEM kemudian diolah dengan *calculate solar radiation*. Potensi tenaga surya tersebut digolongkan menjadi beberapa warna yang terdiri dari warna kuning hingga merah tua. Semakin tua warna, menunjukkan bahwa potensi surya wilayah tersebut semakin tinggi. Degradasi warna biru pada gambar tersebut menunjukkan potensi energi surya pada DEM. Tujuan dari pemberian warna yang berbeda pada gambar tersebut ialah untuk mempermudah pembaca dalam membedakan potensi energi surya dalam permodelan DSM gedung tiga dimensi dan DEM. Dari Gambar 7, kami dapat mengetahui bahwa pada area Gedung Pusat, Fakultas Ekonomika dan Bisnis, dan Fakultas Teknik memiliki potensi yang tinggi untuk pengembangan energi surya. Total energi surya yang terdapat pada permodelan gedung tiga dimensi UGM adalah sebesar 369.543 kWh/m<sup>2</sup>/hari.

### 5.3 Klasifikasi Potensi Tenaga Surya di UGM

Presentase klasifikasi potensi tenaga surya di wilayah UGM terdapat dalam Tabel 2. Klasifikasi dilakukan berdasarkan potensi pada permodelan gedung tiga dimensi. Kami menggunakan rentang potensi dari 0-1 kWh, 1-2 kWh, 2-3 kWh, 3-4 kWh, 4-5 kWh, 5-6 kWh, dan >6 kWh. Berdasarkan Tabel 2, persentase terbesar adalah pada klasifikasi tenaga surya potensi tinggi (5-6 kWh).

**Tabel 2.** Sebaran Potensi Energi Tenaga Surya

No.	Rentang Potensi Surya (kWh/ m <sup>2</sup> / hari)	Kategori	Warna	Presentase (%)
1	>6	Sangat berpotensi	Merah tua	0,03%
2	5-6	Potensi tinggi	Merah	24,7%
3	4-5	Berpotensi	Orange kemerahan	14,5%
4	3-4	Kurang berpotensi	Orange tua	11,32%
5	2-3	Potensi sedang	Orange	9,52%
6	1-2	Potensi rendah	Orange muda	9,43%
7	0-1	Potensi sangat rendah	Kuning	30,5%

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan bahwa dari proses analisis potensi tenaga surya di kawasan Universitas Gadjah Mada, dihasilkan distribusi potensi tenaga surya dalam bentuk permodelan tiga dimensi beserta warna-warna yang menggambarkan potensi tersebut. Total potensi tenaga surya di kawasan UGM adalah sebesar 369.543 kWh/ m<sup>2</sup>/hari. Potensi terbesar terdapat pada area Gedung Pusat, Fakultas Ekonomika dan Bisnis, dan Fakultas Teknik. Sedangkan presentase klasifikasi potensi tenaga surya terbesar adalah pada rentang 5-6 kWh/ m<sup>2</sup>/ hari yang berarti potensi tinggi dan direpresentasikan dalam warna merah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada SMA Negeri 2 Wonosari yang telah mengizinkan penulis untuk bekerjasama dengan peneliti dari Pusat Studi Bencana Alam UGM dalam melaksanakan penelitian ini. Selain itu, terima kasih pula kepada Tim Sagasitas Yogyakarta yang telah berkenan berdiskusi dan memberikan saran terhadap penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Aditya, T., 2012. *Final Report: Evaluation of OpenStreetMap Data in Indonesia (Case Study: Yogyakarta, Surabaya, Jakarta, Bandung, Padang, and Dompur)*. Department of Geodetic and Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, UGM In collaboration with Humanitarian OpenStreetMap Team. Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.

Basyiran, T.B., 2014. *Konsumsi Energi Listrik, Pertumbuhan Ekonomi dan Penduduk terhadap Emisi Gas Rumah Kaca Pembangkit Listrik di Indonesia*. Thesis for: Bachelor, Aceh. Fakultas Ekonomi, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. DOI:

10.13140/RG.2.2.22056.06401.

BIG, 2020. DEMNAS: Seamless Digital Elevation Model (DEM) dan Batimetri Nasional. <http://tides.big.go.id/DEMNAS/> pada 26 April 2020 pada pukul 14.25.

Chow, A., Fung, A.S., and Li, S., 2014. GIS Modeling of Solar Neighborhood Potential at a Fine Spatiotemporal Resolution. *Buildings*, 4, 195-206. DOI: 10.3390/buildings4020195.

Dewanto dkk., 2019. Application of Web 3D GIS to Display Urban Model and Solar Thermal Energy Analysis using The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data(Case Study: National Cheng Kung University Buildings). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 520 (2020) 012017. DOI: 10.1088/1755-1315/520/1/012017.

Ditjen Kemenkumham, 2014. Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Jakarta. <http://ditjenpp.kemenkumham.go.id/arsip/ln/2014/pp79-2014bt.pdf> pada 26 April 2020 pukul 14.02

ESRI, 2020. About ArcGIS Pro. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/getstarted/get-started.htm#:~:text=ArcGIS%20Pro%20is%20the%20latest,Online%20or%20ArcGIS%20Enterprise%20portal> pada 20 Maret 2020 pada pukul 13.00.

ESRI, 2020. Calculate Solar Radiation. <https://www.esri.com/id-id/store/arcgis-pro> yang dikutip pada 26 April 2020 pada pukul 16.17.

Fu, P., dan P.M. Rich., 1999. *Design and implementation of the Solar Analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales*. *Proceedings of the Nineteenth Annual ESRI User Conference*.

Humas EBTKE, 2019. Peluang Besar Kejar Target

- EBT Melalui Energi Surya. <http://ebtke.esdm.go.id/post/2019/09/26/2348/pejuang.besar.kejar.target.ebt.melalui.energi.surya.#:~:text=Saat%20ini%2C%20pemanfaatan%20energi%20surya,900%20MW%20sesuai%20target%20RUEN> pada 26 April 2020 pukul 14.02.
- Landsberg, H.E., 1981. *The urban climate. New York and London: Academic Press*, pp x + 278. DOI: 10.1177/030913338300700323.
- Moriarty, P. dan Honnery, D., 2019. *Energy Accounting for a Renewable Energy Future. Energies* (12):4280.doi:10.3390/en12224280.
- Nurrohmah, E. dan Sulistioningrum, D., 2019. OpenStreetMap as Alternative Technology and Data Source for Village Mapping: An Innovation for Village Mapping in Indonesia. *Seminar Nasional Geomatika 2018: Penggunaan dan Pengembangan Produk Informasi Geospasial Mendukung Daya Saing Nasional*, 787-796. DOI: 10.24895/SNG.2018.3-0.1067.
- OSM, 2020. <https://openstreetmap.id/en/about/tentang-openstreetmap/> yang dikutip pada 26 April 2020 pada pukul 16.31.
- OSM buildings, 2020. <https://osmbuildings.org/data/> yang dikutip pada 26 April 2020 pada pukul 17.00.
- Pinde, F., dan Paul, M.R., 1999. *Design and implementation of the Solar Analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales. Proceedings of the 19th Annual ESRI user conference, San Diego, CA, USA* vol 1 pp 1-31.
- PSE UGM, 2014. PSE Luncurkan Buku Putih Energi Nasional. <https://pse.ugm.ac.id/pse-luncurkan-buku-putih-energi-nasional/> pada 26 April 2020 pada pukul 14.20.
- QGIS, 2020. *About QGIS*. <https://qgis.org/id/site/about/index.html> yang dikutip pada 26 April 2020 pada pukul 16. 23.
- Sulistiana, T., Parapat, A.D., dan Aristomo, D., 2019. Analisis Akurasi Vertikal Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) Studi Kasus Kota Medan. Conference: FIT-ISI 2019, Jakarta.
- Suyuti, A., Amin, I., dan Harun, N., 2017. Studi Potensi Energi Terbarukan Di Kawasan Timur Indonesia berbasis Analisis Retscreen International. *Journal of Information System and Processing*, 2 (2), 15pp. DOI: <https://doi.org/10.24252/insypro.v2i2.4066>.
- Terraningtyas dkk, 2017. Makalah Energi Baru Dan Terbarukan Energi Surya. Surabaya. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya. Diambil kembali dari [https://www.academia.edu/35138388/Makalah\\_Energi\\_Surya\\_-\\_Energi\\_Baru\\_Terbarukan](https://www.academia.edu/35138388/Makalah_Energi_Surya_-_Energi_Baru_Terbarukan) pada 26 April 2020 pukul 15. 32.
- Yandri, V.R., 2012. Prospek Pengembangan Energi Surya untuk Kebutuhan Listrik Indonesia. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 4(1), 14-19. ISSN: 1979-4657.
- Ziya, U., Cetin, C., dan Volkan, Y., 2017. Solar Energy Potential of Cities In Turkey; A GIS Based Analysis. *Fresenius Environmental Bulletin* vol 26 No 1 pp 80-83.