

# Analisis Potensi Listrik Panel Surya Di Lingkungan Universitas Sam Ratulangi Menggunakan Pendekatan GIS Dan Image Processing

Wisard Widsli Kalengkongan<sup>1\*</sup>, Winsy Christo Deilan Weku<sup>2</sup>, Aditya Lapu Kalua<sup>3</sup>, Yampi R Kaesmetan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Sistem Informasi, Universitas Sam Ratulangi, Indonesia

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Uyelindo Kupang, Indonesia

<sup>1\*</sup>wisard.kalengkongan@unsrat.ac.id, <sup>2</sup>winsy\_weku@unsrat.ac.id,

<sup>3</sup>adityalapu.kalua@unsrat.ac.id, <sup>4</sup>kaesmetanyampi@gmail.com

**Abstrak:** Pemanfaatan energi surya pada lingkungan kampus memerlukan analisis spasial yang mampu mengidentifikasi lokasi pemasangan panel surya secara lebih terukur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pemasangan panel surya di lingkungan Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) menggunakan pendekatan Geographic Information System (GIS) dan image processing. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data radiasi matahari, pengolahan citra drone, analisis spasial area kampus, identifikasi area potensial, serta estimasi potensi energi listrik berdasarkan luas area efektif, intensitas radiasi, efisiensi panel, dan performance ratio sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan GIS dan image processing mampu mengidentifikasi area potensial pemasangan panel surya secara lebih sistematis dan informatif. Total area potensial yang diperoleh sebesar 2.712,06 m<sup>2</sup>, yang terdiri atas area atap bangunan dan area parkir. Berdasarkan hasil klasifikasi, lokasi potensial dibagi menjadi dua kategori, yaitu daerah hijau yang lebih mudah diakses dan lebih sederhana untuk instalasi, serta daerah kuning yang memiliki luasan lebih besar tetapi memerlukan penyesuaian teknis lebih lanjut. Dengan menggunakan rata-rata radiasi matahari sebesar 495,22 W/m<sup>2</sup>, efisiensi panel 20%, dan performance ratio 0,80, diperoleh estimasi total potensi energi listrik sebesar 214,89 kWh/hari. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi GIS dan image processing tidak hanya berfungsi untuk visualisasi spasial, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai dasar sistem pendukung keputusan dalam perencanaan energi surya pada skala kampus. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan awal dalam pengembangan energi terbarukan di lingkungan UNSRAT serta mendukung penerapan konsep green campus yang lebih berbasis data.

**Kata Kunci:** energi surya; GIS; image processing; kesesuaian lokasi; panel surya

**Abstract:** The utilization of solar energy in a campus environment requires spatial analysis capable of identifying suitable locations for solar panel installation in a more measurable and systematic manner. This study aimed to analyze the suitability of solar panel installation areas at Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) using a Geographic Information System (GIS) and image processing approach. The method involved solar radiation data collection, drone

image processing, spatial analysis of the campus area, identification of potential locations, and estimation of electrical energy potential based on effective area, solar radiation intensity, panel efficiency, and system performance ratio. The results showed that the integration of GIS and image processing was able to identify potential areas for solar panel installation more systematically and informatively. The total potential area obtained was 2,712.06 m<sup>2</sup>, consisting of rooftop areas and parking areas. Based on the classification results, potential locations were divided into two categories, namely green zones, which were more accessible and easier to install, and yellow zones, which had a larger area but required more technical adjustment for installation. By using an average solar radiation value of 495.22 W/m<sup>2</sup>, panel efficiency of 20%, and a performance ratio of 0.80, the total estimated electrical energy potential reached 214.89 per day. This study demonstrates that GIS and image processing are not only useful for spatial visualization, but can also serve as the basis for a decision support system in campus-scale solar energy planning. The findings are expected to provide an initial reference for renewable energy development at UNSRAT and to support the implementation of a more data-driven green campus concept.

**Keywords:** GIS; image processing; site suitability; solar energy; solar panels

## 1. PENDAHULUAN

Transisi menuju energi terbarukan menjadi salah satu agenda penting dalam pembangunan berkelanjutan karena sektor bangunan dan sistem energi masih berkontribusi besar terhadap emisi global. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa strategi sisi-permintaan pada bangunan dan transportasi memiliki potensi reduksi emisi yang sangat besar, sehingga integrasi energi bersih pada lingkungan terbangun menjadi semakin relevan [1]. Dalam konteks tersebut, panel surya fotovoltaik pada atap bangunan dipandang sebagai salah satu solusi yang paling realistis karena dapat memanfaatkan ruang terbangun tanpa memerlukan lahan tambahan yang luas [2], [3].

Namun, pemanfaatan panel surya pada skala bangunan tidak dapat ditentukan hanya dari ketersediaan sinar matahari secara umum. Potensi listrik yang dapat dihasilkan sangat dipengaruhi oleh karakteristik spasial lokasi pemasangan, seperti luas atap efektif, orientasi permukaan, kemiringan, hambatan bayangan, dan distribusi radiasi surya pada tiap bagian bangunan [4], [5]. Oleh karena itu, penilaian potensi panel surya memerlukan pendekatan yang tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga mampu mengintegrasikan parameter geometrik, citra visual, dan analisis spasial secara terukur [6], [7].

Perkembangan Geographic Information System (GIS) dan image processing memberikan peluang besar untuk menjawab kebutuhan tersebut. Studi mutakhir menunjukkan bahwa GIS efektif digunakan untuk mengidentifikasi area atap, menghitung distribusi radiasi matahari, serta memetakan potensi fotovoltaik pada skala bangunan maupun kawasan urban [4], [8]. Di sisi lain, integrasi deep learning, citra resolusi tinggi, dan GIS juga semakin banyak digunakan untuk meningkatkan akurasi ekstraksi rooftop dan analisis kelayakan pemasangan PV. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa analisis potensi panel surya kini bergerak dari pendekatan manual menuju framework komputasional yang lebih presisi, replikatif, dan mendukung pengambilan Keputusan [1].

Dalam konteks institusi pendidikan tinggi, pendekatan tersebut memiliki nilai strategis karena kampus merupakan lingkungan yang memiliki banyak bangunan, kebutuhan energi yang tinggi, dan potensi penerapan konsep green campus [9], [10]. Penelitian kampus terbaru menunjukkan bahwa analisis berbasis GIS dapat digunakan untuk menilai potensi rooftop PV secara teknis, ekonomis, dan spasial, sehingga mendukung perencanaan energi

yang lebih efisien[4]. Selain itu, kampus juga merupakan lingkungan yang sesuai untuk penerapan sistem berbasis data karena dapat berfungsi sebagai ruang implementasi teknologi informasi dan sistem pendukung keputusan dalam pengelolaan energi [11], [12].

Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) memiliki potensi kuat untuk pengembangan energi surya karena berada di wilayah tropis dan memiliki banyak bangunan serta ruang terbuka yang dapat dievaluasi sebagai lokasi pemasangan panel surya. Akan tetapi, dalam konteks perencanaan kampus, pemanfaatan energi surya belum cukup jika hanya didasarkan pada pengamatan visual atau asumsi umum tentang intensitas matahari[13], [14]. Diperlukan suatu analisis yang dapat mengidentifikasi area potensial secara spasial, menyeleksi lokasi yang layak, dan memperkirakan potensi energi listrik yang dapat dihasilkan secara lebih terukur[15]. Pendekatan seperti ini sejalan dengan karakter sistem informasi spasial yang tidak hanya menyajikan peta, tetapi juga mendukung proses evaluasi lokasi dan pengambilan keputusan berbasis data.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kebutuhan penelitian yang nyata, yaitu bagaimana memanfaatkan GIS dan image processing untuk membangun analisis potensi panel surya yang lebih terstruktur pada skala kampus. Banyak studi sebelumnya berfokus pada estimasi potensi rooftop PV pada kawasan urban secara umum, sedangkan studi yang menempatkan kampus tropis sebagai unit analisis dan menonjolkan integrasi citra, analisis spasial, dan estimasi energi masih relatif terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan integrasi GIS, citra drone, dan estimasi potensi energi listrik pada konteks kampus tropis, khususnya Universitas Sam Ratulangi, yang belum banyak dikaji sebagai unit analisis perencanaan panel surya berbasis spasial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi energi listrik tenaga surya di lingkungan Universitas Sam Ratulangi dengan mengintegrasikan pendekatan Geographic Information System dan image processing. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi area potensial pemasangan panel surya, mengklasifikasikan tingkat kesesuaian lokasi, serta mengestimasi potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari area tersebut. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan kerangka analisis berbasis GIS dan image processing untuk mendukung perencanaan panel surya pada skala kampus tropis. Selain itu, penelitian ini menghasilkan peta kesesuaian lokasi dan estimasi potensi energi listrik yang dapat digunakan sebagai dasar awal dalam pengambilan keputusan pengembangan energi terbarukan di lingkungan kampus.

## 2. METODE PENELITIAN

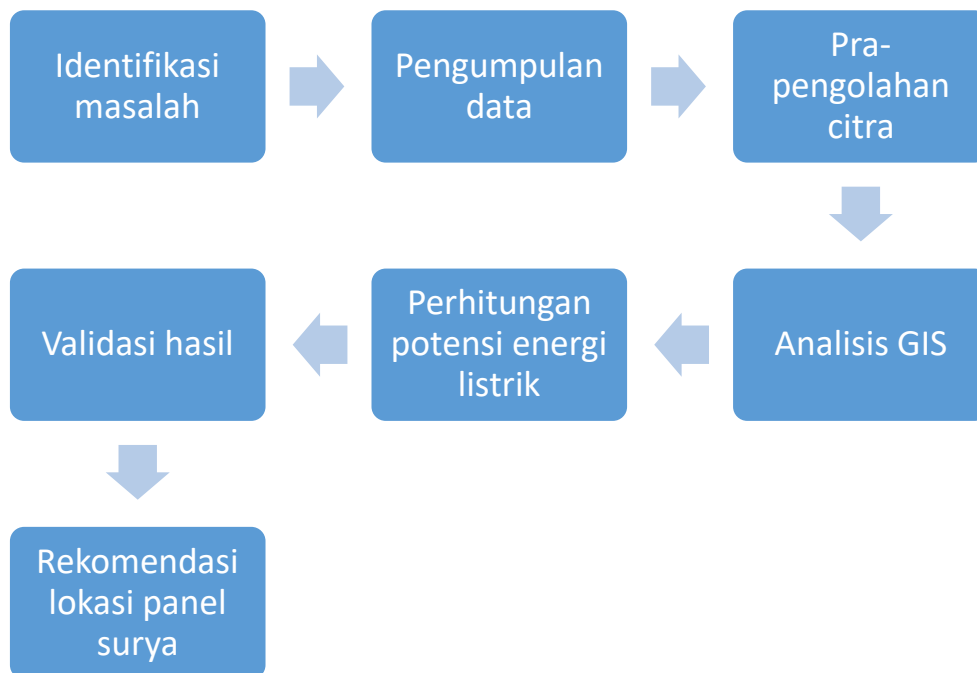
Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis spasial berbasis Geographic Information System (GIS) dan image processing untuk mengidentifikasi lokasi yang berpotensi digunakan sebagai pemasangan panel surya di lingkungan Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT). Pendekatan ini dipilih karena mampu mengintegrasikan data citra, informasi spasial wilayah kampus, serta parameter radiasi matahari untuk menghasilkan peta kesesuaian lokasi dan estimasi potensi energi listrik secara lebih sistematis. Studi terbaru menunjukkan bahwa kombinasi GIS, citra resolusi tinggi, dan analisis spasial sangat efektif untuk penilaian potensi rooftop photovoltaic (PV) pada skala bangunan dan kawasan[4].

Lokasi penelitian berada di lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, yang terdiri atas bangunan kampus dan area terbuka yang berpotensi dimanfaatkan untuk pemasangan panel surya. Untuk menjelaskan batas dan cakupan wilayah studi, bagian ini sebaiknya menampilkan peta lokasi penelitian yang sudah tersedia pada laporan akhir.

Gambar 1. Peta lokasi penelitian di lingkungan Universitas Sam Ratulangi  
*Gunakan peta lokasi/area studi yang sudah ada pada laporan akhir.*

Keberadaan Gambar 1 penting karena penelitian ini berbasis lokasi dan analisis spasial. Peta tersebut berfungsi untuk memperlihatkan posisi area kampus, distribusi objek studi, serta konteks spasial yang menjadi dasar proses pemetaan dan evaluasi lokasi panel surya.

Secara umum, penelitian ini dilaksanakan melalui lima tahap utama, yaitu pengumpulan data, pra-pengolahan citra, analisis spasial menggunakan GIS, perhitungan potensi energi listrik, dan validasi hasil. Alur tersebut perlu divisualisasikan dalam bentuk diagram alur penelitian agar workflow komputasional lebih mudah dipahami. Untuk artikel JAITI, diagram ini sebaiknya dibuat ulang dalam bentuk SmartArt agar tampak lebih rapi dan informatif.



**Gambar 2.** Diagram alur penelitian

Gambar 2 berfungsi untuk menjelaskan hubungan antartahap penelitian secara ringkas dan operasional. Dengan adanya diagram alur, pembaca dapat memahami bahwa penelitian ini tidak hanya memetakan lokasi, tetapi juga melalui proses ekstraksi informasi citra, integrasi spasial, evaluasi radiasi matahari, dan estimasi potensi energi.

Untuk mendukung seluruh tahapan tersebut, penelitian ini memanfaatkan beberapa jenis data utama seperti dirangkum pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Jenis data yang digunakan dalam penelitian

No.	Jenis data	Fungsi
1	Citra udara / citra lokasi	Mengidentifikasi bangunan, atap, dan area terbuka potensial
2	Data spasial kampus	Menentukan batas wilayah studi dan sebaran objek
3	Data radiasi matahari	Menilai distribusi intensitas penyinaran surya
4	Data observasi lapangan	Memvalidasi hasil interpretasi citra
5	Parameter teknis panel surya	Menghitung estimasi potensi daya listrik

Tabel 1 menunjukkan bahwa penelitian ini menggunakan integrasi data visual, spasial, dan teknis. Citra digunakan untuk mengenali objek dan area potensial, data spasial dipakai untuk analisis lokasi, sedangkan data radiasi dan parameter panel surya digunakan untuk menghitung estimasi energi listrik. Data observasi lapangan berfungsi sebagai pembanding untuk memastikan hasil interpretasi citra sesuai dengan kondisi aktual.

### 1. Pengumpulan data

Tahap awal penelitian dilakukan melalui pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan pada area kampus untuk mengidentifikasi kondisi fisik bangunan, area terbuka, dan hambatan potensial seperti vegetasi atau bangunan lain yang dapat memengaruhi penerimaan radiasi matahari. Data sekunder diperoleh dari citra lokasi, peta area studi, dan data pendukung mengenai radiasi matahari.

### 2. Pra-pengolahan citra

Pada tahap ini, citra dipersiapkan agar dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut. Proses pra-pengolahan mencakup penyesuaian visual, interpretasi objek, dan identifikasi awal area atap maupun area terbuka yang berpotensi digunakan untuk pemasangan panel surya. Tahap ini penting karena area instalasi panel surya harus ditentukan dari objek yang benar-benar tersedia dan layak secara geometrik[1].

### 3. Analisis spasial menggunakan GIS

Data citra yang telah diinterpretasikan kemudian diintegrasikan ke dalam sistem GIS untuk memetakan sebaran area potensial. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap luas area yang tersedia, distribusi lokasi, dan keterkaitannya dengan data radiasi matahari. Hasil analisis GIS digunakan untuk mengelompokkan lokasi berdasarkan tingkat kesesuaian, sehingga dapat diketahui area dengan potensi tinggi, sedang, dan rendah untuk pemasangan panel surya. Studi terbaru menunjukkan bahwa GIS tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi, tetapi juga sebagai sistem analitik untuk evaluasi kesesuaian lokasi PV[4].

### 4. Perhitungan potensi energi listrik

Setelah area potensial diperoleh, tahap berikutnya adalah menghitung potensi energi listrik berdasarkan luas area efektif, intensitas radiasi matahari, efisiensi modul, dan *performance ratio* sistem. Persamaan umum yang digunakan adalah:

$$P = G \times A \times \eta \times PR \quad (1)$$

dengan:

- $P$  = potensi daya listrik
- $G$  = intensitas radiasi matahari
- $A$  = luas area efektif panel
- $\eta$  = efisiensi panel surya
- $PR$  = *performance ratio* sistem

Perhitungan ini digunakan untuk memberikan estimasi teknis mengenai energi yang dapat dihasilkan dari area yang telah diidentifikasi. Penggunaan parameter efisiensi dan *performance ratio* diperlukan agar hasil estimasi lebih mendekati kondisi operasional nyata[3].

## 5. Validasi hasil

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil interpretasi citra dan analisis GIS dengan kondisi aktual di lapangan. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa area yang diklasifikasikan sebagai lokasi potensial benar-benar sesuai secara fisik dan tidak mengalami kesalahan identifikasi. Dalam studi rooftop PV, validasi sangat penting karena ketepatan identifikasi area akan memengaruhi estimasi energi akhir [16].

## 6. Keluaran metode

Keluaran utama dari tahapan metode ini adalah peta lokasi potensial pemasangan panel surya dan estimasi potensi energi listrik pada area kampus UNSRAT. Namun, visualisasi keluaran tersebut lebih tepat disajikan pada bagian Hasil dan Pembahasan, karena merupakan hasil akhir dari proses analisis, bukan bagian dari prosedur metode itu sendiri.

# 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

## Karakteristik radiasi matahari di area kampus

Pengukuran radiasi matahari menggunakan pyranometer dilakukan secara berkala pada hari Senin, Rabu, dan Jumat selama periode Juli–Agustus 2025 pada tiga rentang waktu, yaitu pagi, siang, dan sore. Berdasarkan hasil pengamatan, intensitas radiasi tertinggi secara umum terjadi pada rentang waktu 09.00–14.00 WITA, sedangkan nilai terendah cenderung terjadi pada sore hari. Pola ini menunjukkan bahwa periode siang merupakan waktu paling optimal untuk penerimaan energi surya di lingkungan kampus UNSRAT.

Berdasarkan laporan akhir, nilai rata-rata radiasi matahari harian yang digunakan dalam perhitungan potensi adalah 495,22 W/m<sup>2</sup>. Nilai ini menjadi parameter utama dalam estimasi energi listrik karena merepresentasikan kondisi penyinaran rata-rata pada lokasi penelitian. Secara teknis, nilai radiasi ini menunjukkan bahwa lingkungan kampus memiliki sumber daya surya yang cukup baik untuk mendukung pengembangan sistem panel surya pada skala bangunan dan area terbuka.

Untuk merangkum hasil pengukuran radiasi yang digunakan dalam penelitian, data tersebut dapat disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Ringkasan hasil pengukuran radiasi matahari

Parameter	Hasil
Periode pengukuran	Juli–Agustus 2025
Hari pengukuran	Senin, Rabu, Jumat
Waktu pengukuran	07.00–09.00; 09.00–14.00; 14.00–17.00
Pola radiasi tertinggi	Siang hari
Pola radiasi terendah	Sore hari
Rata-rata radiasi harian yang digunakan	495,22 W/m <sup>2</sup>

Tabel 2 menunjukkan bahwa data radiasi yang digunakan dalam penelitian tidak diambil secara tunggal, tetapi berasal dari pengukuran periodik dengan pola waktu yang terstruktur. Hal ini penting karena keluaran GIS dan estimasi potensi listrik akan sangat dipengaruhi oleh keandalan data radiasi sebagai input utama.

## 2. Hasil pengolahan citra drone dan identifikasi objek

Tahap berikutnya adalah pengolahan citra drone untuk menghasilkan representasi visual area kampus secara menyeluruh. Berdasarkan laporan akhir, citra yang diperoleh dari beberapa penerbangan drone digabungkan melalui proses **mosaicking** sehingga membentuk ortomosaik yang merepresentasikan kondisi permukaan kampus dengan resolusi spasial yang tinggi. Hasil ini menjadi dasar penting dalam analisis GIS karena memungkinkan identifikasi objek secara lebih rinci, seperti bangunan, area terbuka, vegetasi, serta infrastruktur pendukung lain.



**Gambar 3.** Hasil ortomosaik citra drone area kampus UNSRAT

Melalui hasil ortomosaik tersebut, area kampus dapat diamati secara utuh dan kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori utama, yaitu atap bangunan, area terbuka, dan vegetasi. Dalam konteks penelitian ini, klasifikasi tersebut sangat penting karena tidak semua area di lingkungan kampus dapat dijadikan lokasi pemasangan panel surya. Area yang tertutup vegetasi atau terhalang bayangan bangunan memiliki tingkat kesesuaian yang lebih rendah dibandingkan area terbuka atau atap bangunan dengan paparan sinar matahari yang baik.

### 3. Identifikasi area potensial pemasangan panel surya

Berdasarkan hasil digitasi dan analisis spasial, penelitian ini mengidentifikasi area yang memenuhi kriteria teknis pemasangan panel surya. Area tersebut divisualisasikan pada peta hasil klasifikasi sebagai wilayah berwarna biru, yang menunjukkan lokasi dengan paparan matahari yang baik, hambatan bayangan minimal, dan kondisi ruang yang layak untuk instalasi.



**Gambar 4.** Area potensial pemasangan panel surya yang ditandai dengan warna biru.

Hasil analisis menunjukkan bahwa total luas area potensial yang dapat dimanfaatkan untuk pemasangan panel surya adalah sebesar 2.712,06 m<sup>2</sup>. Luasan ini mencakup kombinasi antara atap bangunan dan area parkir yang dinilai memiliki kondisi paling mendukung untuk pemanfaatan energi surya. Pemilihan area tersebut didasarkan pada beberapa kriteria utama, yaitu:

1. intensitas radiasi matahari yang tinggi,
2. minim bayangan dari vegetasi atau bangunan lain,
3. kemudahan akses instalasi, dan
4. kedekatan dengan infrastruktur kelistrikan kampus.

Temuan ini menunjukkan bahwa GIS dan image processing berhasil digunakan sebagai kerangka kerja untuk memfilter area yang layak dari keseluruhan ruang kampus. Dengan kata lain, metode yang digunakan tidak sekedar memetakan lokasi, tetapi juga membangun spatial suitability assessment untuk mendukung keputusan pemasangan panel surya.

#### 4. Pemetaan lokasi optimal berdasarkan tingkat kemudahan instalasi

Setelah area potensial teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah membagi area tersebut ke dalam dua kategori lokasi optimal berdasarkan kondisi fisik dan kemudahan pemasangan. Berdasarkan laporan akhir, klasifikasi ini terdiri atas:

- a. **Daerah hijau**, yaitu area parkir dan atap gedung datar yang mudah dijangkau serta relatif mudah dipasang panel surya.
- b. **Daerah kuning**, yaitu atap miring dan atap berbahan seng yang tetap memiliki potensi, tetapi memerlukan penyesuaian struktur dan biaya instalasi yang lebih tinggi.



**Gambar 5.** Pembagian lokasi optimal pemasangan panel surya

Klasifikasi ini penting karena memperlihatkan bahwa potensi energi surya tidak hanya ditentukan oleh luas area, tetapi juga oleh kemudahan implementasi teknis. Dalam sistem pendukung keputusan berbasis spasial, aspek seperti kemudahan akses, kebutuhan struktur tambahan, dan tingkat kerumitan pemasangan perlu dipertimbangkan bersama dengan nilai radiasi matahari. Untuk memperjelas hasil klasifikasi lokasi optimal dan estimasi potensinya, data kuantitatif penelitian dapat diringkas seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Klasifikasi lokasi optimal dan potensi energi listrik

Kategori area	Karakteristik	Luas area (m <sup>2</sup> )	Potensi listrik harian
Daerah hijau	Atap datar dan area parkir, mudah diakses	466,64	36,97 kWh/hari
Daerah kuning	Atap miring dan atap seng, instalasi lebih kompleks	2.245,42	177,92 kWh/hari
Total	Seluruh area potensial	2.712,06	214,89 kWh/hari

Tabel 3 menunjukkan bahwa daerah hijau memiliki keunggulan dari sisi kemudahan pemasangan dan efisiensi implementasi, walaupun luasnya lebih kecil. Sebaliknya, daerah kuning memberikan kontribusi potensi energi yang lebih besar secara kuantitatif karena memiliki luas area yang jauh lebih besar, tetapi implementasinya lebih menantang secara teknis. Temuan ini menegaskan bahwa keputusan instalasi panel surya idealnya tidak

semata-mata didasarkan pada luas area, tetapi juga pada keseimbangan antara potensi energi dan kompleksitas pemasangan.

## 5. Estimasi potensi energi listrik

Estimasi potensi energi listrik dilakukan menggunakan luas area efektif, nilai radiasi matahari rata-rata, efisiensi panel surya, dan *performance ratio* sistem. Berdasarkan laporan akhir, dengan menggunakan rata-rata radiasi  $495,22 \text{ W/m}^2$ , efisiensi panel sekitar 20%, dan *performance ratio* sebesar 0,80, diperoleh total potensi energi listrik sebesar 214,89 kWh/hari dari seluruh area potensial di lingkungan UNSRAT.

Dari nilai tersebut, daerah hijau menyumbang sekitar 36,97 per hari, sedangkan daerah kuning menyumbang sekitar 177,92 per hari. Hasil ini menunjukkan bahwa kontribusi energi terbesar berasal dari area kuning karena luasan yang tersedia jauh lebih besar. Namun, jika dipandang dari sudut implementasi awal, daerah hijau lebih layak dijadikan prioritas karena memerlukan usaha konstruksi yang lebih rendah dan memiliki kemudahan akses yang lebih baik.

## 6. Pembahasan: kontribusi GIS dan image processing dalam sistem pendukung keputusan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi GIS dan image processing efektif untuk mendukung identifikasi lokasi panel surya pada skala kampus. Image processing memberikan kontribusi dalam tahap interpretasi objek dan ekstraksi area potensial dari citra drone, sedangkan GIS menyediakan lingkungan analisis untuk memetakan distribusi lokasi, menghubungkan data radiasi matahari, dan mengklasifikasikan area sesuai tingkat kesesuaiannya.

Dari sisi aplikasi teknologi informasi, pendekatan ini penting karena menjadikan proses perencanaan lebih sistematis dan berbasis data. Dibandingkan pendekatan survei visual konvensional, metode ini memberikan beberapa keunggulan, yaitu:

1. cakupan area yang lebih luas,
2. visualisasi spasial yang lebih jelas,
3. identifikasi lokasi yang lebih objektif, dan
4. kemampuan menghasilkan keluaran kuantitatif untuk pengambilan keputusan.

Selain itu, hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa pendekatan spasial dapat membantu dalam menyusun strategi implementasi bertahap. Daerah hijau dapat diprioritaskan sebagai lokasi tahap awal instalasi karena mudah diakses dan lebih sederhana secara teknis, sedangkan daerah kuning dapat dipertimbangkan sebagai fase pengembangan lanjutan apabila dibutuhkan kapasitas energi yang lebih besar.

## 7. Skenario dan Implikasi hasil terhadap pengembangan energi surya di UNSRAT

### 7.1 Skenario

Energi listrik yang berpotensi dihasilkan dari area panel surya dapat dimanfaatkan melalui beberapa skenario implementasi. Pada tahap awal, sistem panel surya dapat diarahkan untuk menyuplai beban listrik lokal pada gedung atau area parkir yang berada dekat dengan lokasi instalasi. Untuk meningkatkan keandalan sistem, energi yang dihasilkan juga dapat diintegrasikan dengan baterai sebagai media penyimpanan, sehingga kelebihan energi pada siang hari dapat digunakan kembali pada periode beban tinggi atau saat radiasi matahari menurun.

### 7.2 Implikasi Hasil

Dalam pengembangan jangka panjang, hasil pemetaan potensi energi ini dapat menjadi dasar awal penerapan smart grid kampus. Melalui skenario tersebut, distribusi energi dari

panel surya, baterai, dan beban listrik kampus dapat dikelola secara lebih terukur. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya menunjukkan lokasi potensial pemasangan panel surya, tetapi juga memberikan arah pemanfaatan energi dalam sistem kelistrikan kampus yang lebih nyata.

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar awal bagi perencanaan implementasi panel surya di lingkungan kampus. Dengan mengetahui distribusi area potensial, klasifikasi kemudahan pemasangan, dan estimasi potensi listrik, pihak kampus dapat menyusun prioritas pengembangan yang lebih rasional dan efisien.

Hasil penelitian juga memperkuat arah pengembangan green campus di UNSRAT. Pemanfaatan atap bangunan dan area parkir sebagai lokasi panel surya tidak hanya berpotensi menghasilkan energi listrik, tetapi juga memaksimalkan fungsi infrastruktur yang sudah ada. Oleh sebab itu, penelitian ini dapat dipandang sebagai tahap awal dalam membangun sistem perencanaan energi kampus yang lebih berbasis data, terukur, dan berkelanjutan. Ke depan, hasil analisis ini dapat dikembangkan sebagai dasar integrasi panel surya dengan sistem penyimpanan energi maupun smart grid kampus, sehingga energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih optimal dalam sistem kelistrikan UNSRAT.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan GIS dan image processing dapat digunakan secara efektif untuk menganalisis potensi pemasangan panel surya di lingkungan Universitas Sam Ratulangi. Melalui integrasi data citra drone, data spasial kampus, dan data radiasi matahari, penelitian ini berhasil mengidentifikasi area yang layak untuk pemasangan panel surya serta memetakan tingkat kesesuaiannya berdasarkan kondisi fisik lokasi dan kemudahan instalasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa total area potensial yang dapat dimanfaatkan untuk pemasangan panel surya di lingkungan kampus UNSRAT adalah sebesar 2.712,06 m<sup>2</sup>. Area tersebut kemudian diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu daerah hijau yang lebih mudah diakses dan lebih sederhana untuk proses instalasi, serta daerah kuning yang memiliki potensi lebih besar namun memerlukan penyesuaian teknis yang lebih kompleks. Berdasarkan perhitungan menggunakan nilai rata-rata radiasi matahari 495,22 W/m<sup>2</sup>, efisiensi panel 20%, dan performance ratio 0,80, diperoleh estimasi total potensi energi listrik sebesar 214,89 kWh/hari, dengan kontribusi utama berasal dari area kuning. Secara metodologis, penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan GIS dan image processing tidak hanya berguna untuk visualisasi spasial, tetapi juga dapat dikembangkan sebagai dasar sistem pendukung keputusan dalam perencanaan energi surya pada skala kampus. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan awal dalam pengembangan energi terbarukan di lingkungan UNSRAT, sekaligus mendukung penerapan konsep green campus yang lebih terukur, informatif, dan berbasis data.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sam Ratulangi atas dukungan pendanaan penelitian ini melalui dana PNPB Universitas Sam Ratulangi. Dukungan tersebut sangat membantu dalam pelaksanaan penelitian, pengumpulan data, serta penyusunan artikel ini.

## 6. REFERENCES

- [1] C. Xu, S. Chen, H. Ren, C. Xu, G. Li, T. Li, and Y. Sun, "A novel deep learning and GIS integrated method for accurate city-scale assessment of building facade solar energy potential," *Appl. Energy*, vol. 387, p. 125600, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.125600>.
- [2] Y. Chen, S. Wang, and T. Li, "Analysis of Rooftop Photovoltaic Potential and Electricity Planning in Lanzhou Urban Areas," 2025. doi: [10.3390/buildings15132207](https://doi.org/10.3390/buildings15132207).
- [3] S. Dimitrov, M. Iliev, B. Borisova, S. Petrov, I. Ihtimanski, L. Todorov, I. Ivanov, S. Valchev, and K. Georgiev, "Large-Scale Modeling of Urban Rooftop Solar Energy Potential Using UAS-Based Digital Photogrammetry and GIS Spatial Analysis: A Case Study of Sofia City, Bulgaria," 2026. doi: [10.3390/urbansci10040210](https://doi.org/10.3390/urbansci10040210).
- [4] A. Idrovo-Macancela, M. Velecela-Zhindón, A. Barragán-Escandón, E. Zalamea-León, and D. Mejía-Coronel, "GIS-based assessment of photovoltaic solar potential on building rooftops in equatorial urban areas," *Heliyon*, vol. 11, no. 1, p. e41425, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41425>.
- [5] W. Cui, X. Peng, J. Yang, H. Yuan, and L. L. Lai, "Evaluation of Rooftop Photovoltaic Power Generation Potential Based on Deep Learning and High-Definition Map Image," 2023. doi: [10.3390/en16186563](https://doi.org/10.3390/en16186563).
- [6] S. Kartika, D. Hariyanto, and G. Gunawan, "Analisis Potensi Energi Tenaga Surya Kota Balikpapan Dengan Variasi Sudut Kemiringan Panel Surya," *MECHANICAL*, vol. 14, p. 177, Oct. 2023, doi: [10.23960/mech.v14i1.3650](https://doi.org/10.23960/mech.v14i1.3650).
- [7] Alfarid, Ni Putu Agustini, M. Ibrahim Ashari, Radimas Putra Muhammad Davi Labib, Zulfikar Zauzi, I Made Wartana, Reza Diharja, Sirojul Hadi, and Parama Diptya Widayaka, "Inductive Charging Portabel Dengan Panel Surya Sebagai Pengisian Baterai Handphone Yang Mudah Dan Praktis," *JASTEN (Jurnal Apl. Sains Teknol. Nasional)*, vol. 5, no. 2, pp. 86–95, Oct. 2024, doi: [10.36040/jasten.v5i2.12158](https://doi.org/10.36040/jasten.v5i2.12158).
- [8] J. Aryanto and B. Husodo, "Analisis Perbandingan Panel Surya P-Type dan N-Type untuk PLTS Atap Pabrik Karton Menggunakan PVsyst," *J. Teknol. Elektro*, vol. 16, p. 119, Aug. 2025, doi: [10.22441/jte.2025.v16i2.008](https://doi.org/10.22441/jte.2025.v16i2.008).
- [9] W. Iskandar, S. Usman, and N. Sari, "GREEN SPIRITUALITY IN HIGHER EDUCATION: SUSTAINABLE GREEN CAMPUS TRANSFORMATION AT THE UNIVERSITY OF JAMBI," *Int. J. Educ. Lang. Soc. Sci.*, vol. 3, pp. 145–156, Dec. 2025, doi: [10.62612/ijelass.v3i2.68](https://doi.org/10.62612/ijelass.v3i2.68).
- [10] R. Asnawi, A. Sudikno, S. Maryanto, A. Afandhi, and K. Widodo, "Feasibility of Management of a Green Campus Photovoltaic Solar Power Plant National Institute of Technology Malang: Literature Review," *J. Pembang. dan Alam Lestari*, vol. 15, pp. 127–135, Oct. 2024, doi: [10.21776/ub.jp.al.2024.015.02.09](https://doi.org/10.21776/ub.jp.al.2024.015.02.09).
- [11] E. Sutendi, "Peran Sistem Pendukung Keputusan Dalam Proses Manajerial Pendekatan Konseptual Dan Teknologis," *Sist. Pendukung Keputusan dengan Apl.*, Jun. 2025.
- [12] N. Zinnan and A. Miftahuddin, "Peran Strategis Sistem Manajemen Informasi dalam Meningkatkan Kinerja Organisasi di Berbagai Sektor: Analisis Kualitas Data, Adopsi, dan Inovasi Teknologi," Nov. 2024.
- [13] M. Anggara and W. Saputra, "Analisis Kinerja Sel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline di Kabupaten Sumbawa NTB," *J. FLYWHEEL*, vol. 14, pp. 7–12, Feb. 2023, doi: [10.36040/flywheel.v14i1.6521](https://doi.org/10.36040/flywheel.v14i1.6521).
- [14] A. Hudabi and J. Simatupang, "Analisis Efisiensi Penyerapan Daya Solar Tracker Dual Axis Dinamis dan Statis Pada Beban 250 Watt," *J. Teknol. Elektro*, vol. 17, pp. 13–24, Jan. 2026, doi: [10.22441/jte.2026.v17i1.003](https://doi.org/10.22441/jte.2026.v17i1.003).
- [15] M. Rifai, "Kajian Ketersediaan Air dan Potensi Daya Listrik Yang Dihasilkan Pada

- Rencana Pembangunan PLTMH Kebongembong Kabupaten Kendal," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 8, p. 446, Dec. 2020, doi: 10.20961/mateksi.v8i4.48087.
- [16] Y. Zhang, W. He, J. Hu, C. Zhou, B. Ren, H. Luo, Z. Tian, and W. Liu, "Assessment of Urban Rooftop Photovoltaic Potential Based on Deep Learning: A Case Study of the Central Urban Area of Wuhan," 2025. doi: 10.3390/buildings15152607.