

Evaluasi Keberlanjutan *Green Campus* Universitas Riau Pekanbaru

Darmawati*, Irda Sayuti, dan Febblina Daryanes

Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Riau, Indonesia; e-mail: darmawati@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Implementasi perguruan tinggi dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan salah satunya dengan menerapkan konsep *Green Campus*. Pengelolaan *Green Campus* dilakukan secara sinergi antar aspek ekologi, sosial, ekonomi, tata kelola, dan teknologi agar lebih komprehensif. Evaluasi penerapannya perlu dilakukan guna mengetahui status keberlanjutannya serta aspek-aspek yang masih memerlukan perbaikan dan pengembangan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi keberlanjutan *Green Campus* Universitas Riau berdasarkan aspek ekologi, sosial, ekonomi, tata kelola, dan teknologi dan mengidentifikasi atribut-atribut kunci yang memengaruhi keberlanjutannya. Sumber data primer diperoleh melalui observasi, pengukuran, kuesioner dan wawancara. Analisis data dengan metode *Multi Dimensional Scaling* (MDS) melalui pendekatan RAP-Landmag. Hasil penelitian menunjukkan status keberlanjutan *Green Campus* dari dimensi sosial (61.65) dan tata kelola (52.24) tergolong cukup berkelanjutan, sedangkan dimensi ekologi (41.77), ekonomi (39.72), dan teknologi (45.51) tergolong kurang berkelanjutan. Secara keseluruhan status keberlanjutan multidimensi *Green Campus* yakni cukup berkelanjutan (52.00). Teridentifikasi 19 Atribut kunci keberlanjutan, yang sangat sensitive yakni daya serap ruang terbuka hijau terhadap emisi CO₂, perancangan sistem ruang terbuka hijau, jenis usaha masyarakat sekitar kampus, keadilan dalam tata kelola, dan teknologi lingkungan dalam ruangan (suhu dan kelembaban). Penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pengambilan keputusan dalam pengelolaan *Green Campus* melalui identifikasi atribut-atribut kunci yang menjadi prioritas peningkatan keberlanjutan kampus.

Kata Kunci: Atribut Kunci, Evaluasi, *Green Campus*, Keberlanjutan, *Multi Dimensional Scaling*, RAP-Landmag

ABSTRACT

One way for higher education institutions to realize sustainable development is by implementing the "Green Campus" concept. Green Campus management requires a synergistic approach integrating ecological, social, economic, governance, and technological aspects to ensure comprehensiveness. Evaluating implementation is essential to determine the sustainability status and identify areas requiring improvement and further development. This study aims to evaluate the sustainability of the Universitas Riau Green Campus across ecological, social, economic, governance, and technological dimensions and to identify the key attributes influencing its sustainability. Primary data were obtained through observation, measurement, questionnaires, and interviews. Data analysis was conducted using the Multi-Dimensional Scaling (MDS) method via the RAP-Landmag approach. The results indicate that the sustainability status of the Green Campus is classified as "moderately sustainable" for the social (61.65) and governance (52.24) dimensions, whereas the ecological (41.77), economic (39.72), and technological (45.51) dimensions are classified as "less sustainable." Overall, the multidimensional sustainability status of the Green Campus is "moderately sustainable" (52.00). Nineteen key sustainability attributes were identified; those found to be highly sensitive include the CO₂ absorption capacity of green open spaces, green open space system design, the types of businesses run by the community surrounding the campus, governance equity, and indoor environmental technology (temperature and humidity). This research provides a scientific basis for decision-making regarding Green Campus management by identifying key attributes that should be prioritized to enhance campus sustainability.

Keywords: Key Attributes, Evaluation, Green Campus, Sustainability, Multi-Dimensional Scaling, RAP-Landmag

Citation: Darmawati, Sayuti, I., dan Daryanes, F. (2026). Evaluasi Keberlanjutan *Green Campus* Universitas Riau Pekanbaru. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(5), 1260-1270, doi:10.14710/jil.24.5.1260-1270

1. LATAR BELAKANG

Perguruan tinggi tidak hanya berperan dalam bidang pendidikan dan penelitian namun juga berperan dalam menegakkan prinsip pembangunan berkelanjutan guna menciptakan agen perubahan

menuju budaya berkelanjutan di masyarakat. Budaya berkelanjutan di masyarakat sangat diperlukan dalam merubah pola hidup untuk mengurangi degradasi lingkungan, emisi karbon dan gas rumah kaca lainnya yang memicu perubahan iklim. Pendekatan yang

digunakan perguruan tinggi sebagai bagian dari peduli lingkungan dengan mengimplementasikan program *Green Campus*. Implementasi *Green Campus* dapat dilakukan dengan mengintegrasikan ke dalam seluruh kegiatan kampus berbagai dimensi seperti ekologi, sosial, ekonomi, tata kelola dan teknologi (da Silva et al., 2023).

Kontribusi *Green Campus* di berbagai perguruan tinggi dunia turut serta dalam mengurangi jejak karbon melalui berbagai upaya seperti meningkatkan ruang terbuka hijau, efisiensi penggunaan air dan energi, menggunakan transportasi hijau, pengelolaan limbah terpadu dan memasukkan pendidikan lingkungan dalam kurikulum kampus. Upaya ini dilakukan dalam rangka mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDG*) yakni SDG 13 tentang perubahan iklim (da Silva et al., 2023). Berbagai penelitian *Green Campus* sebelumnya umumnya berfokus pada aspek lingkungan tertentu, seperti ruang terbuka hijau, pengelolaan energi, limbah, atau penilaian berdasarkan indikator pemeringkatan kampus berkelanjutan

Banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan penerapan *Green Campus* yang tidak hanya ditandai dengan ruang terbuka hijau yang luas namun juga kesiapan institusi dalam mengembangkan program atau kebijakan menuju kampus berkelanjutan (Norra & Hariz, 2022). Selain itu, partisipasi mahasiswa dan seluruh sivitas akademika tidak bisa diabaikan karena mereka merupakan aktor yang akan memerankan nilai nilai keberlanjutan di lapangan. Sesuai dengan pernyataan Ribeiro et al, (2021) bahwa partisipasi mahasiswa memegang peran penting dalam keberhasilan penerapan *Green Campus*. Moreira & Rutkoski (2021) menegaskan bahwa perguruan tinggi tidak hanya berfokus pada pengurangan sampah dalam menerapkan *zero waste* tapi juga keterlibatan sivitas akademika dan dukungan regulasi.

Keberhasilan pengelolaan *Green Campus* dipengaruhi banyak dimensi yang saling bersinergi antar sesamanya sehingga dalam pengelolaan *Green Campus* perlu dilakukan secara multidimensi. Menurut (Dermawan & Sain, 2025), menyatakan bahwa keberhasilan *Green Campus* ditandai dengan perubahan perilaku seluruh sivitas akademika dari berbagai aspek seperti lingkungan, sosial, dan tata kelola. Pengelolaan sarana dan prasarana yang efektif untuk mendukung efisiensi energi, pengelolaan air, dan pengelolaan limbah terpadu juga sangat diperlukan (Husnah, 2025). Menurut Ying & Wang (2024) menegaskan bahwa penerapan teknologi cerdas (*Smart Campus*) pada perguruan tinggi untuk menjadi transformasi hijau perlu mendapat dukungan kebijakan guna meningkatkan efisiensi sumber daya di lingkungan kampus

Universitas Riau merupakan salah satu perguruan tinggi di Indonesia secara konsisten selalu mengevaluasi keberlanjutan kampus dengan berpartisipasi dalam *UI GreenMetric World University Rankings*. Pada tahun 2025 Universitas Riau

memperoleh peringkat 92 dengan skor 5.510 dari 196 perguruan tinggi di Indonesia yang ikut berpartisipasi. Sedangkan tahun 2024 perolehan peringkat 64 dan skor 6.095 dari skor maksimal yang diharapkan 10.000 dengan 183 kampus yang berpartisipasi. Perolehan peringkat dan skor masih jauh dari harapan. Berbagai upaya telah dilakukan melalui penyediaan ruang terbuka hijau, pengelolaan energi, air dan limbah, pendidikan lingkungan dalam kurikulum kampus serta mengikuti kegiatan-kegiatan keberlanjutan. Pemeringkatan dari *UI GreenMetric* belum sepenuhnya menggambarkan tingkat keberlanjutan pengelolaan kampus secara menyeluruh karena penilaian keberlanjutan tidak hanya ditentukan oleh dimensi ekologi saja tapi juga dipengaruhi banyak dimensi yang saling berinteraksi seperti sosial, ekonomi, tata kelola, dan teknologi.

Namun, sampai saat ini evaluasi keberlanjutan *Green Campus* secara multidimensi dan komprehensif berdasarkan berbagai dimensi tersebut masih terbatas. Oleh karenanya penelitian ini memberikan kebaruan pada penerapan metode *RAP-Landmag* berbasis *Multi Dimensional Scaling* (MDS) untuk mengevaluasi status keberlanjutan *Green Campus* secara multidimensi sekaligus mengidentifikasi atribut-atribut kunci yang menjadi prioritas dalam peningkatan keberlanjutan *Green Campus* Universitas Riau. Informasi tersebut sangat diperlukan guna mengetahui aspek yang telah berjalan sesuai harapan serta yang masih memerlukan perbaikan dan pengembangan sebagai pijakan kampus dalam menyusun regulasi dan program-program ke depannya agar menjadi kampus yang berkelanjutan.

Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keberlanjutan *Green Campus* Universitas Riau berdasarkan dimensi ekologi, sosial, ekonomi, tata kelola, dan teknologi serta mengidentifikasi atribut-atribut kunci atau faktor penentu yang mempengaruhi pengelolaan *Green Campus* menuju kampus berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian di kampus Universitas Riau Pekanbaru. Pemilihan kampus berdasarkan kampus di Pekanbaru yang menerapkan *Green Campus* serta secara konsisten mengikuti penilaian *UI GreenMetric World University Rankings*. Waktu penelitian dari bulan Januari 2024 sampai Juli 2024.

2.2. Metode Pengambilan Sampel

Sumber data penelitian adalah primer, untuk dimensi ekologi dilakukan dengan teknik observasi dan pengukuran. Dimensi sosial dengan teknik kuesioner, sebagai responden mahasiswa UNRI digunakan teknik *cluster random sampling* dari 10 fakultas, dengan rumus Slovin diperoleh sampel per fakultas 40 mahasiswa sehingga total sampel 400 mahasiswa. Dimensi ekonomi dengan teknik wawancara pada masyarakat sekitar kampus dengan menyiapkan lembar wawancara berisi butir-butir

pertanyaan. Dimensi tata kelola digunakan teknik kuesioner berisi item pernyataan tanggapan mahasiswa dan dimensi teknologi juga dengan teknik kuesioner. Parameter yang diukur meliputi atribut-atribut yang mempengaruhi *Green Campus*, diperoleh dari kondisi eksisting yang ada dengan memberi kriteria dan skor dari buruk (0) sampai baik (3). Indeks keberlanjutan *Green Campus* dari masing-masing dimensi diperoleh dengan memasukkan atribut-atribut yang mempengaruhi *Green Campus* ke dalam sistem *Multi Dimensional Scaling* (MDS) (Kavanagh, 2001).

2.3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dengan menggunakan metode MDS. Metode MDS merupakan teknik analisis statistik berbasis komputer dengan menggunakan perangkat lunak SPSS yang melakukan transformasi terhadap setiap dimensi atau multi dimensi keberlanjutan *Green Campus*. Metode MDS yang digunakan disini adalah *RAP-Land management* atau *RAP-Landmag*. Ada beberapa tahap yang dilalui:

1. Penentuan indikator

Indikator keberlanjutan disusun melalui studi literatur dari berbagai referensi mengenai *Green Campus*, dan mengacu pada kategori penilaian *UI GreenMetric World University Rankings*. Kemudian indikator-indikator tersebut diadaptasi dan dikelompokkan ke dalam lima dimensi keberlanjutan, yaitu ekologi, sosial, ekonomi, tata kelola, dan teknologi yang digunakan dalam analisis *RAP-Landmag*. Diperoleh hasil 42 atribut yang terdiri atas 14 atribut dimensi ekologi, 9 atribut dimensi sosial, 7 atribut dimensi ekonomi, 6 atribut dimensi tata kelola, dan 6 atribut dimensi teknologi.

2. Penilaian atau Skor Setiap Indikator

Penilaian setiap atribut dilakukan oleh peneliti berdasarkan hasil observasi lapangan, pengukuran kondisi eksisting, serta kesesuaian dengan kriteria *Green Campus* yang telah ditetapkan. Pemberian skor menggunakan skala ordinal 0–3, dimana skor 0 menunjukkan kondisi buruk (bad), skor 1 menunjukkan kondisi kurang, skor 2 menunjukkan kondisi cukup, dan skor 3 menunjukkan kondisi baik (good). Kriteria penilaian untuk setiap atribut disusun berdasarkan kajian berbagai literatur, indikator *Green Campus*, serta kondisi yang relevan dengan lingkungan kampus.

Untuk meminimalkan subjektivitas, penilaian dilakukan menggunakan kriteria yang telah ditetapkan sebelum pengumpulan data, didukung oleh data hasil observasi dan pengukuran lapangan yang terukur. Selain itu, seluruh atribut dinilai menggunakan prosedur dan skala yang sama sehingga konsistensi penilaian dapat dipertahankan. Validitas hasil evaluasi selanjutnya diuji melalui analisis Monte Carlo yang menunjukkan perbedaan nilai kurang dari 5% terhadap hasil ordinasi MDS, sehingga hasil yang diperoleh dinilai cukup stabil dan dapat dipercaya.

3. Ordinasi Setiap Indikator

Berdasarkan skor tersebut kemudian dilakukan analisis menggunakan ordinasi statistik yang disebut MDS. Jika nilai indeks lebih dari 50% maka sistem yang dikaji tersebut dapat dikategorikan berkelanjutan (*sustainable*) dan apabila nilai indeks kurang dari 50% maka sistem yang dikaji dianggap belum berkelanjutan (Tabel 1).

Tabel 1. Kategori Status Keberlanjutan *Green Campus*

Nilai Indeks	Kategori
0.00 - 24.99	Buruk (tidak berkelanjutan)
25.00 - 49.99	Kurang (kurang berkelanjutan)
50.00 - 74.99	Cukup (cukup berkelanjutan)
75.00 - 100.00	Baik (berkelanjutan)

Sumber : Fauzi, 2019; Kavanagh, 2001

4. Analisis Leverage (Uji Pengaruh).

Leverage of Attributes merupakan output software *RAP-Landmag* yang menunjukkan variabel yang menjadi pengungkit keberlanjutan atau atribut yang sensitif terhadap keberlanjutan. Hasil analisis *leverage* dinyatakan dalam bentuk persen (%) perubahan *Root Mean Square* (RMS) dari masing-masing atribut. Hasil analisis *leverage* menunjukkan persentase perubahan RMS masing-masing atribut. Atribut yang memiliki persentase tertinggi merupakan atribut paling sensitif terhadap keberlanjutan (Kavanagh, 2001); Fauzi, 2019). Semakin besar perubahan RMS, maka semakin sensitif peranan atribut tersebut terhadap peningkatan status keberlanjutan. Untuk penetapan atribut sensitif (kunci) digunakan Hukum Pareto Optimum (80% : 20%) artinya 80% tingkat keberlanjutan sistem disebabkan dari 20% faktor pengungkit keberlanjutan. Caranya : atribut masing-masing dimensi dicari nilai RMS dan persennya. Atribut diurutkan dari nilai persen tertinggi hingga terendah. Urutan atribut nilai % nya dijumlahkan hingga maksimal 80%, menunjukkan atribut kunci sebagai atribut pengungkit.

5. Analisis Monte Carlo (Uji Validitas)

Analisis *Monte Carlo* digunakan untuk mengevaluasi dampak kesalahan acak/galat (*random error*) dalam analisis statistik yang dilakukan seperti pada pemberian skor pada atribut, variasi pemberian skor yang bersifat multidimensi karena adanya opini yang berbeda, kesalahan input data atau data yang hilang. Uji validitas dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil analisis MDS dengan *Monte Carlo* dengan taraf 95%. Semakin kecil perbedaan selisih antara nilai MDS dan *Monte Carlo* maka sistem yang dikaji memiliki tingkat kepercayaan yang tinggi atau sesuai dengan kondisi nyata (Kavanagh, 2001; Pitcher & Preikshot, 2001)

6. Analisis Stress dan Koefisien Determinasi (R²) (Uji Keakuratan).

Nilai *stress* yang mendekati 0 maka model yang dihasilkan semakin mirip dengan keadaan yang sesungguhnya. Menurut Young 1999 dalam Yusuf et

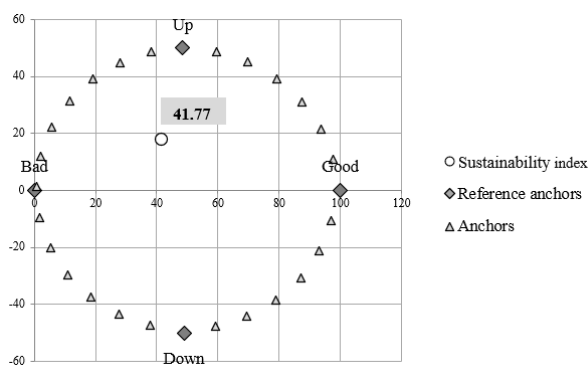
al. (2021) nilai *stress* dapat dikategorikan 0-2,5% (sempurna), 2,5-5,0% (sangat bagus), 5,0-10% (baik), 10-20% (cukup), >20% (kurang). Menurut Kavanagh (2001) bahwa nilai *stress* yang dapat ditelorir adalah 0,20 (20%). Nilai R^2 berkisar antara 0 hingga 1 atau 0% hingga 100%. Nilai yang mendekati 1 atau 100% menunjukkan data dapat dijelaskan dengan baik dari model yang dihasilkan. Semakin dekat 1 atau 100% berarti data yang ada semakin terpetakan dengan sempurna. Nilai R^2 tergolong dalam kategori baik apabila berada dalam rentang 80% hingga 100% (Kavanagh, 2001).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada 5 dimensi yang terlibat dalam menentukan status keberlanjutan yakni dimensi ekologi, sosial, ekonomi, tata kelola dan teknologi. Pada dimensi ekologi ada 14 atribut, dimensi sosial ada 9 atribut, dimensi ekonomi ada 7 atribut, dimensi tata kelola ada 6 atribut dan dimensi teknologi ada 6 atribut sehingga total keseluruhan ada 42 atribut.

3.1. Indeks Keberlanjutan Dimensi Ekologi

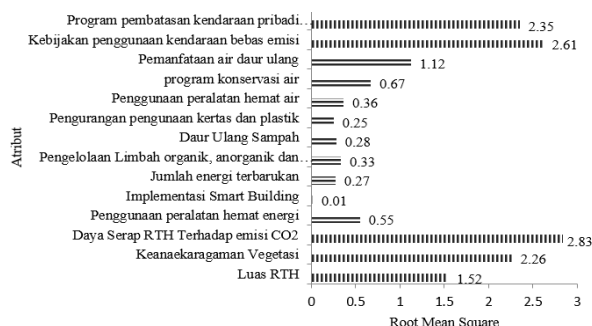
Atribut yang berpengaruh terhadap keberlanjutan *Green Campus* pada dimensi ekologi ada 14 atribut. Dari atribut-atribut ini dilakukan analisis MDS (Gambar 1). Atribut-atribut dimensi ekologi yakni: 1) Luas RTH, 2) Keanekaragaman vegetasi, 3) Daya serap RTH terhadap emisi CO₂, 4) Penggunaan peralatan hemat energi, 5) Implementasi *Smart Building*, 6) Jumlah energi terbarukan, 7) Pengelolaan limbah organik, anorganik dan B3, 8) Daur ulang sampah, 9) Pengurangan penggunaan kertas dan plastik, 10) Penggunaan peralatan hemat air, 11) Program konservasi air, 12) Pemanfaatan air daur ulang, dan 13) Kebijakan penggunaan kendaraan bebas emisi, dan 14) Program pembatasan kendaraan pribadi masuk kampus.



Gambar 1. Indeks Keberlanjutan *Green Campus* dari Dimensi Ekologi

Indeks keberlanjutan pada dimensi ekologi adalah 41,77 dengan kategori kurang berkelanjutan. Kurang keberlanjutannya pada dimensi ekologi menunjukkan bahwa pengelolaan lingkungan kampus baru fokus pada ruang terbuka hijau yang relatif luas, namun belum sepenuhnya didukung oleh penerapan

teknologi dan kebijakan lingkungan yang memadai, khususnya pada aspek energi terbarukan, konservasi air, pengelolaan limbah, dan transportasi rendah emisi. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlunya peningkatan pengelolaan terhadap penggunaan peralatan hemat energi atau energi terbarukan, hemat air atau konservasi air, implementasi *Smart Building*, pengelolaan limbah organik, anorganik dan B3, daur ulang sampah, pengurangan penggunaan kertas dan plastik, penggunaan kendaraan bebas emisi, dan program pembatasan kendaraan pribadi masuk kampus. Oleh karenanya kampus perlu membuat instruksi terkait penggunaan hemat energi atau air dan kebijakan penggunaan kendaraan bebas emisi seperti menyediakan sepeda untuk transportasi dalam kampus dan program pembatasan kendaraan pribadi masuk kampus seperti berbagi motor, mobil atau penerapan biaya parkir. Hal ini dapat mengurangi emisi CO₂ sehingga meningkatkan kesehatan lingkungan. Temuan ini sejalan dengan da Silva *et al.* (2023) menyatakan keberhasilan *Green Campus* sangat dipengaruhi oleh upaya dekarbonisasi dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Membatasi aktivitas kendaraan pribadi dengan menggantikan kendaraan umum, serta meningkatkan pengendara sepeda dapat meningkatkan kesehatan lingkungan (Sgarra *et al.*, 2022). Hasil analisis *lverage* pada dimensi ekologi (Gambar 2).



Gambar 2. Atribut - Atribut *Green Campus* dari Dimensi Ekologi

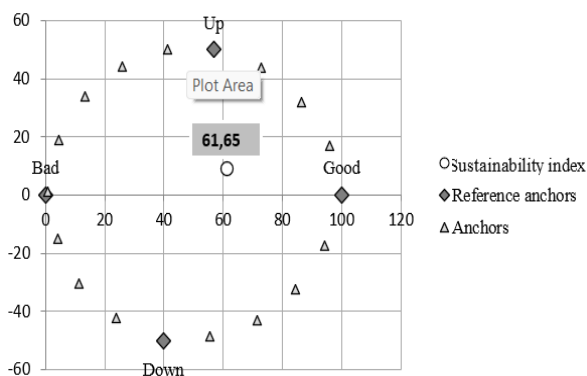
Dari Gambar 2 menunjukkan ada 5 atribut sensitif pada dimensi ekologi, yang paling sensitif adalah daya serap RTH terhadap emisi CO₂ sebesar 2.83. Keberadaan RTH atau vegetasi pada suatu wilayah sangat berhubungan dengan ketersediaan lahan. Menurut UU No. 26 Tahun 2007 luas RTH adalah 30% dari luas wilayah. Luas RTH Universitas Riau sekitar 60.27 %, sudah melebihi ketentuan (Darmawati *et al.*, 2022). Semakin luas lahan semakin banyak jumlah vegetasi yang bisa hidup atau ditanam dan semakin banyak pula CO₂ dapat diserap. Keanekaragaman hayati juga perlu diperhatikan karena mempengaruhi serapan CO₂ di udara, karena kemampuan penyerapan karbonnya lebih besar dibandingkan vegetasi yang didominasi oleh sedikit spesies (Huang *et al.*, 2028). Hasil penelitian Darmawati *et al.* (2024) menyatakan bahwa indeks keanekaragaman spesies vegetasi pohon di Universitas Riau sebesar 1,09 (sedang) dan vegetasi

didominasi oleh *Swietenia macrophylla* King. Ditemukan 33 spesies pohon, 29 spesies tiang, 16 spesies pancang, dan 8 spesies semai, dengan total 44 spesies dari 22 famili (Drmawati *et al.*, 2021). Setiap vegetasi memiliki potensi yang berbeda-beda dalam menyerap CO₂. Menurut (Iqbal *et al.*, 2015), menyatakan angsa (*Pterocarpus indicus*) memiliki potensi serapan CO₂ sebesar 2,3110⁻³/helai/jam lebih rendah dibandingkan dengan mahoni (*Swietenia macrophylla*) yaitu 5,6810⁻³/helai/jam. Berdasarkan Permen PU No. 5 Tahun 2012 tentang pedoman penanaman pohon pada sistem jaringan jalan, tanaman angsa dan mahoni masuk ke dalam rekomendasi untuk kriteria pohon besar dan reduktor polutan karbondioksida. Aktivitas dari kendaraan bermotor menghasilkan emisi CO₂ ke udara, secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan emisi karbon (Gately *et al.*, 2015). Keberadaan RTH di perkotaan dapat membantu mengurangi emisi CO₂ dari aktivitas transportasi (Chen, 2015).

3.2. Indeks Keberlanjutan Dimensi Sosial

Pada dimensi sosial ada 9 atribut yang berpengaruh terhadap pengelolaan *Green Campus* yakni: 1) Sikap sivitas akademika, 2) Persepsi sivitas akademika, 3) Kebutuhan RTH tersedia perjiwa, 4) Fungsi RTH, 5) Perancangan sistem RTH, 6) Matakuliah terkait lingkungan, 7) Sosialisasi RTH, 8) Peran masyarakat sekitar terhadap RTH, dan 9) Kondisi RTH (Gambar 3). Indeks keberlanjutan pada dimensi sosial diperoleh 61,65 dengan kategori cukup berkelanjutan.

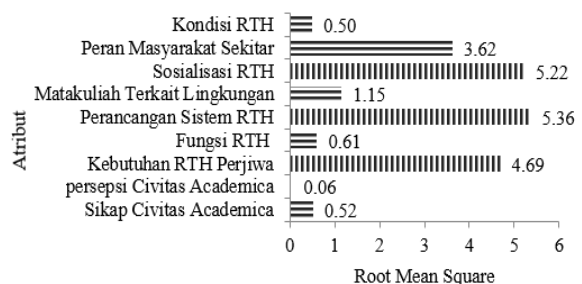
Nilai dimensi sosial yang lebih tinggi dibandingkan dimensi lainnya menunjukkan bahwa keberadaan *Green Campus* telah memberikan manfaat yang cukup baik dirasakan oleh sivitas akademika dan masyarakat sekitar kampus. Keadaan ini menunjukkan bahwa fungsi RTH, peran masyarakat, sikap dan persepsi sivitas akademika terhadap *Green Campus* berjalan dengan baik. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ribeiro *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa partisipasi sivitas akademika menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan *Green Campus*. Salah satu faktor yang mempengaruhi kampus berkelanjutan adalah adanya perubahan perilaku budaya lingkungan dari warga kampus (da Silva *et al.*, 2023).



Gambar 3. Indeks Keberlanjutan *Green Campus* dari Dimensi Sosial

Hasil *leverage* menunjukkan ada 3 atribut yang sensitif atau sebagai pengungkit utama pada dimensi sosial dan yang paling sensitif adalah perancangan sistem RTH kampus sebesar 5.36 (Gambar 4). Dalam merancang sistem RTH harus sesuai dengan Permen PU No. 6 Tahun 2007 tentang pedoman umum rencana tata bangunan dan lingkungan yaitu memperhatikan sistem seperti ruang terbuka privat/publik atau aksesibilitas pribadi/umum, sistem pepohonan dan tatahijau, struktur ruang RTH seperti mengelompok, menyebar, memanjang, bentuk fisik seperti alami atau buatan. Fungsi RTH sesuai Permen PU No. 5 Tahun 2008 tentang pedoman penyediaan dan pemanfaatan RTH di kawasan perkotaan yakni sebagai fungsi ekologis, arsitektur/estetika, sosial budaya dan ekonomi, serta Permendagri No.1 Tahun 2007 tentang penataan RTH di kawasan perkotaan bahwa RTH dapat berfungsi sebagai sarana pendidikan ataupun *open learning space*. Jadi RTH kampus tidak hanya berfungsi secara ekologis namun juga sebagai ruang belajar, interaksi sosial, sarana rekreasi, olahraga dan aksesibilitas. (Pereira Ribeiro *et al.*, 2021; Bai *et al.*, 2024)

Selain itu yang perlu diperhatikan adalah sosialisasi RTH yakni kegiatan yang dilakukan kampus untuk memberikan informasi tentang RTH kampus agar diketahui oleh mahasiswa ataupun umum. Sosialisasi ini penting agar warga kampus turut serta dalam memelihara lingkungan (Aleixo *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2021). Untuk atribut kebutuhan RTH perjiwa, berdasarkan Permen PU No. 5 Tahun 2008 minimalnya sebesar 20 m²/jiwa. Jika kampus akan menambah jumlah sivitas akademika seperti mahasiswa dan dosen harus memperhatikan kebutuhan RTH per jiwa tersebut, jangan sampai kekurangan dari jumlah standar yang sudah ditetapkan. WHO (2021), menegaskan ketersediaan RTH per jiwa yang memadai akan berkontribusi pada kesehatan dan kualitas belajar mahasiswa.



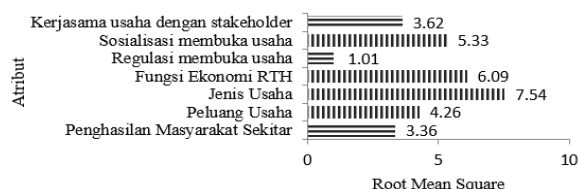
Gambar 4. Atribut – Atribut *Green Campus* dari Dimensi Sosial

3.3. Indeks Keberlanjutan Dimensi Ekonomi

Pada dimensi ekonomi ada 7 atribut yang berpengaruh terhadap keberlanjutan *Green Campus* pada dimensi ekonomi yakni 1) Penghasilan masyarakat sekitar kampus, 2) Peluang usaha, 3) fungsi ekonomi RTH, 4) Jenis usaha, 5) Regulasi membuka usaha, 6) Sosialisasi membuka usaha, 7) Kerjasama usaha dengan *stakeholder*. Hasil analisis

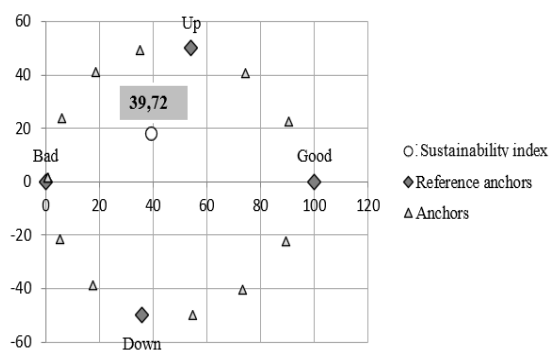
MDS yang telah dilakukan dapat dilihat indeks keberlanjutan pada dimensi ekonomi adalah 39,72 dengan kategori kurang berkelanjutan (Gambar 5).

Kurangnya berlanjutnya dimensi ekonomi menunjukkan bahwa manfaat ekonomi dari *Green Campus* belum begitu optimal. Pohon yang ada baru sebatas pelindung, peneduh dan tanaman hias yang memberikan keindahan dan keasrian kampus. RTH tidak hanya memberikan peran ekologis dan sosial, tetapi juga sebagai penyedia jasa ekosistem dan kesejahteraan masyarakat yang manfaatnya dapat dirasakan secara berkelanjutan (Crocì *et al.*, 2021).



Gambar 6. Atribut – Atribut *Green Campus* dari Dimensi Ekonomi

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ruang terbuka hijau selain menyediakan jasa ekosistem juga memberikan nilai ekonomi melalui fungsi peningkatan kualitas lingkungan, manfaat sosial dan kesejahteraan masyarakat (Brander *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2021). Selain itu juga berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi. (Zhou *et al.*, 2022). Namun, pemanfaatan RTH sebagai nilai ekonomi masih relatif terbatas sehingga kontribusinya terhadap penguatan ekonomi lokal belum optimal (Mirici, 2022). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa integrasi antara RTH dan pemberdayaan ekonomi masyarakat masih perlu diperkuat.



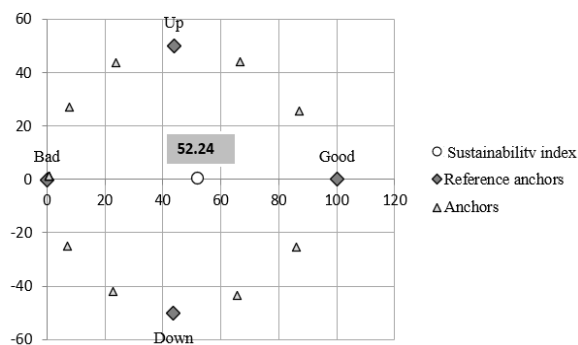
Gambar 5. Indeks Keberlanjutan *Green Campus* dari Dimensi Ekonomi

Uji analisis *leverage* pada dimensi ekonomi ada 4 atribut sensitif atau sebagai pengungkit utama, dan yang memiliki nilai yang paling tinggi pada dimensi ekonomi adalah jenis usaha sebesar 7.54 (Gambar 6). Mata pencaharian masyarakat biasanya dipengaruhi oleh keberadaan tempat tinggal dan jenis usahanya juga disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat setempat. Begitu juga masyarakat di sekitar kampus, jenis usaha yang dibuka harus disesuaikan dengan kebutuhan mahasiswa agar usaha yang dijalankan

dapat berlanjut terus. Jenis usaha yang dijalankan sesuai dengan kebutuhan harian mahasiswa seperti usaha warung makan/minum. Usaha yang berkaitan dengan kegiatan pembelajaran di kelas sebagai sarana dalam memenuhi kebutuhan belajar mahasiswa seperti jasa foto kopi, dan alat tulis dll. Pedro *et al.* (2022) menegaskan bahwa perguruan tinggi dapat berkontribusi ekonomi terhadap masyarakat lokal sekitar kampus melalui membuka peluang usaha dan memberi kesempatan berkembangnya berbagai usaha masyarakat.

3.4. Indeks Keberlanjutan Dimensi Tata Kelola

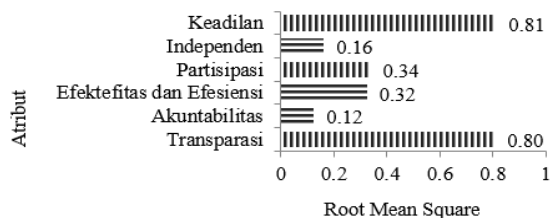
Pada dimensi tata kelola yang berpengaruh terhadap keberlanjutan *Green Campus* ada 6 atribut yakni: 1) Keadilan, 2) Independen, 3) Partisipasi, 4) Efektifitas dan efisiensi, 5) Akuntabilitas, dan 6) Transparansi. Berdasarkan hasil analisis MDS diperoleh indeks keberlanjutan pada dimensi tata kelola 52,24 dengan kategori cukup berkelanjutan (Gambar 7). Cukup berkelanjutannya dimensi tata kelola menunjukkan bahwa aspek keadilan dan efektifitas, transparansi, keadilan, dan partisipasi dalam *Green Campus* Universitas Riau sudah berjalan relatif baik. Keadaan ini mengindikasikan bahwa institusi mendukung kampus berkelanjutan melalui kebijakan dan program-program lingkungan. Temuan ini sejalan dengan Choi & Lee (2025) bahwa pencapaian keberlanjutan kampus melalui peningkatan keterlibatan sivitas akademika dan komitmen kelembagaan terhadap tujuan lingkungan melalui tata kelola yang inklusif dan partisipatif berkontribusi positif terhadap. Menurut da Silva *et al.* (2023), menyatakan tata kelola merupakan salah satu faktor penting dalam pengelolaan kampus berkelanjutan karena menentukan pengambilan keputusan dan arah kebijakan.



Gambar 7. Indeks Keberlanjutan *Green Campus* dari Dimensi Tata Kelola

Hasil analisis *leverage* menghasilkan 4 atribut yang paling sensitif sebagai pengungkit utama dan yang paling sensitif adalah pada dimensi tata kelola yakni keadilan sebesar 0.81 (Gambar 8). Agar pengelolaan *Green Campus* dapat berjalan dengan baik dan berkelanjutan, atribut keadilan menjadi prioritas utama yang harus diperhatikan. Kampus dapat memberikan kesempatan kepada *stakeholders* untuk

memberikan masukan dan pendapat terkait kegiatan lingkungan serta membuka akses terhadap informasi dalam lingkup kedudukan masing-masing. Atribut transparansi merupakan sistem keterbukaan dalam menetapkan program atau kegiatan, kebijakan, anggaran dan penyebaran informasi keberlanjutan lingkungan kepada *stakeholders*. Vargas *et al.* (2019), menyatakan bahwa keberhasilan tata kelola keberlanjutan dipengaruhi oleh kemampuan kampus dalam mengambil keputusan dengan melibatkan berbagai kelompok pemangku kepentingan.



Gambar 8. Atribut – Atribut *Green Campus* dari Dimensi Tata Kelola

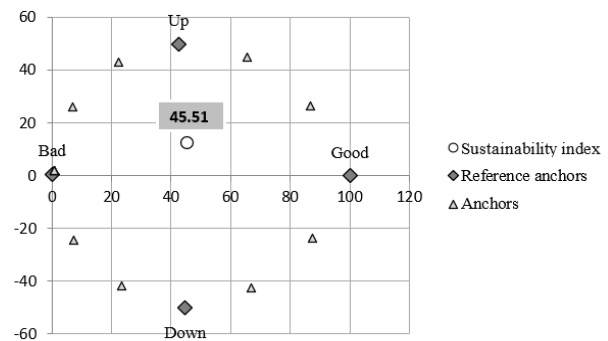
Atribut partisipasi juga menjadi bagian yang penting dalam keberlanjutan tata kelola. Dalam mengambil keputusan, kampus harus melibatkan secara partisipatif *stakeholders* eksternal (pemerintah, alumni, masyarakat dll) dan internal (dosen, mahasiswa dll), agar ada rasa memiliki terhadap program yang dijalankan (Aleixo *et al.*, 2021). Keberhasilan keberlanjutan pengelolaan *Green Campus* pada dimensi tata kelola terlihat harus melibatkan *stakeholders* baik dalam memberi masukan atau pendapat, mengambil keputusan serta keterbukaan kampus dalam menerapkan program, kebijakan dan anggaran keberlanjutan lingkungan.

Menurut UNEP (2014) tujuan transformasi konsep lingkungan yang berkelanjutan selain memiliki komponen lingkungan, ekonomi dan sosial perlu adanya pengembangan kebijakan dan strategi untuk mendorong perubahan kelembagaan sebagai alasan untuk memasukkan tata kelola. Tata kelola dalam konteks ini berhubungan dengan peraturan formal, proses administrasi dan politik universitas yang menentukan atau mempengaruhi pengambilan keputusan dan tindakan, dan jaringan informal, tradisi, budaya dan perilaku yang bertindak sebagai pendorong atau penentang pengembangan keberlanjutan.

3.5. Indeks Keberlanjutan Dimensi Teknologi

Atribut yang berpengaruh terhadap keberlanjutan *Green Campus* pada dimensi teknologi ada 6 atribut yakni : 1) Teknologi aspek suhu dan kelembaban, 2) Teknologi aspek pencahayaan, 3) Teknologi aspek energi, 4) Teknologi aspek keamanan, 5) Teknologi aspek otomatisasi dan 6) Teknologi aspek informatika. Indeks keberlanjutan dimensi teknologi 45,51 dengan kategori kurang berkelanjutan (Gambar 9). Kurang berkelanjutannya pengelolaan *Green Campus* menunjukkan bahwa penggunaan teknologi untuk mendukung keberlanjutan kampus belum optimal,

terutama dalam implementasi *Smart Building* di kampus pada aspek suhu/kelembaban, energi, pencahayaan, otomatisasi dan keamanan. Hasil analisis kondisi eksisting implementasi *Smart Building* baru menunjukkan sekitar 1-5% (Darmawati *et al.*, 2024). Masih rendahnya Sistem keamanan seperti sistem alarm, pemadam kebakaran, video pengawas. Lingkungan dalam ruangan seperti adanya LED, pencahayaan alami. Sementara untuk otomatisasi pemantauan dan pengelolaan energi dan air, kualitas udara dalam ruangan, pengatur suhu dan kelembaban belum terpenuhi.



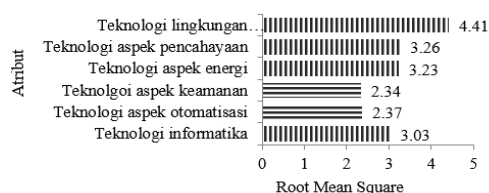
Gambar 9. Indeks Keberlanjutan *Green Campus* dari Dimensi Teknologi

Konsep teknologi *Smart Building* merupakan teknologi yang memadukan desain, arsitektur, elektrik, network, dan keamanan yang operasional gedungnya dapat berjalan efektif dan efisien dengan sedikit intervensi tenaga manusia (Yang *et al.*, 2021; Aliero *et al.*, 2022). Teknologi berbasis IoT (*Internet of Things*) sangat dibutuhkan bagi operasional gedung yang efektif, terutama teknologi otomatisasi yang canggih, bersifat digitalisasi, dan selalu terhubung dengan data. Pengembangan gedung yang menggunakan teknologi IoT banyak digunakan oleh operator gedung *Building Information Modeling* (BIM). Pengembangan gedung dengan teknologi ini mampu mengendalikan secara otomatisasi penggunaan air, energi, cahaya, suhu dan kelembaban (Lu *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2022) menyatakan penggunaan BIM dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan gedung dan optimalisasi penggunaan sumber daya selama gedung beroperasi.

Kondisi ini menunjukkan bahwa untuk menuju kampus yang cerdas memerlukan dukungan dari pembangunan infrastruktur dan integrasi teknologi yang *smart*. Temuan ini sejalan dengan hasil kajian Haggag *et al.*, (2025) menyatakan bahwa implementasi teknologi keberlanjutan *Smart Campus* di perguruan tinggi sering menghadapi kendala karena kompleksitas integrasi sistem dan tingginya kebutuhan investasi sehingga dimensi teknologi *Smart Campus* berkembang lebih lambat dibandingkan dimensi keberlanjutan lainnya.

Hasil analisis *leverage* menghasilkan 4 atribut sensitif pada dimensi teknologi, dan yang paling sensitif yakni teknologi lingkungan sekitar ruangan

seperti aspek suhu dan kelembaban serta kualitas udara dalam ruangan sebesar 4.41 (Gambar 10). Aspek suhu dan kelembaban merupakan bagian yang mempengaruhi faktor eksternal dari kenyamanan termal dalam ruangan.

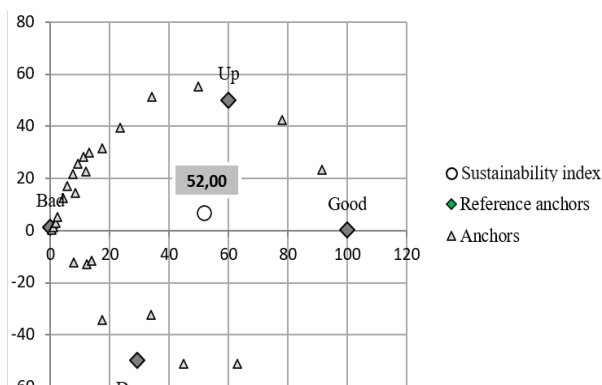


Gambar 10. Atribut – Atribut *Green Campus* dari Dimensi Teknologi

Model yang dikembangkan Fanger & Ole (1970) dan masih dipakai hingga sekarang, menjelaskan bahwa parameter kenyamanan termal ini setidaknya harus menyediakan lingkungan dimana setidaknya 80% orang penghuni gedung merasa puas dengan lingkungan termalnya. Kualitas lingkungan dalam ruangan yang baik akan berpengaruh pada kesehatan dan kenyamanan penggunaannya (Brink *et al.*, 2021; Lamberti *et al.*, 2021).

3.6. Indeks Keberlanjutan Multidimensi *Green Campus*

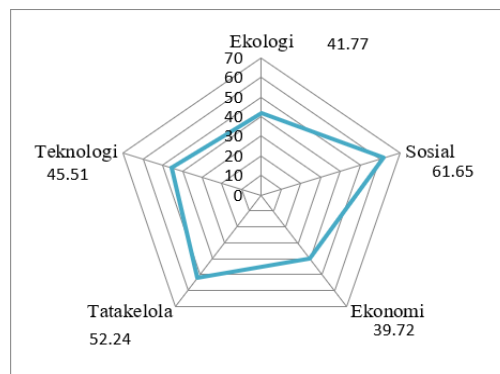
Hasil analisis *RAP-Landmag* multidimensi *Green Campus* menunjukkan indeks sebesar 52,00 yang tergolong cukup berkelanjutan. Hal ini disebabkan karena ada 2 dimensi yang memiliki indeks tergolong cukup berkelanjutan yakni dimensi sosial sebesar 61,65 dan tata kelola dengan indeks 52,24. Sedangkan 3 dimensi lainnya tergolong kurang berkelanjutan yaitu dimensi ekologi sebesar 41,77, ekonomi sebesar 39,72 dan teknologi dengan indeks keberlanjutan sebesar 45,51 (Gambar 11).



Gambar 11. Indeks Keberlanjutan Multidimensi *Green Campus*

Indeks keberlanjutan multidimensi dapat digambarkan dalam bentuk diagram layang-layang (Gambar 12). Walaupun secara keseluruhan pengelolaan *Green Campus* sudah tergolong cukup berkelanjutan, tapi pengelolaan *Green Campus* tetap masih perlu dilakukan supaya fungsi *Green Campus* dapat terpenuhi lebih baik lagi. Peningkatan

pengelolaan *Green Campus* pada dimensi ekologi, ekonomi dan teknologi perlu menjadi prioritas tanpa mengabaikan dimensi sosial dan tata kelola sehingga *Green Campus* terus berkelanjutan.



Gambar 12. Diagram Layang – Layang Indeks Keberlanjutan *Green Campus*

Uji validitas dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil analisis MDS dan analisis *Monte Carlo* dengan taraf kepercayaan 95% (Tabel 2). Tabel 2 menunjukkan selisih hasil analisis MDS dan *Monte Carlo* kecil dari 5%, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai indeks keberlanjutan pengelolaan *Green Campus* tergolong valid dan memiliki *random error* yang relatif kecil. Perbedaan nilai yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa kesalahan dalam proses analisis dapat diperkecil atau dihindari. Kesalahan yang disebabkan pemberian skoring pada setiap atribut, variasi pemberian skoring yang bersifat multidimensi karena adanya opini yang berbeda relatif kecil, proses analisis data yang dilakukan secara berulang-ulang relatif stabil, dan kesalahan dalam melakukan input data dan data yang hilang dapat dihindari.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Indeks Keberlanjutan pada Analisis MDS dan Analisis *Monte Carlo*

No	Dimensi	Nilai MDS (%)	<i>Monte Carlo</i> (%)	Selisih (%)
1.	Ekologi	41,77	41,5	0,27
2.	Sosial	61,65	60,42	1,23
3.	Ekonomi	39,72	40,1	0,38
4.	Tata kelola	52,24	51,33	0,91
5.	Teknologi	45,51	44,73	0,78

Analisis nilai *stress* dan koefisien determinasi (R^2) dilakukan untuk mengetahui perlu tidaknya penambahan atribut, dan sekaligus mencerminkan keakuratan dimensi yang dikaji dengan keadaan yang sebenarnya. Hasil analisis nilai *stress* dan koefisien determinasi (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai *Stress* dan R^2 Pengelolaan *Green Campus*.

No	Dimensi	Indeks Keberlanjutan	Kategori	<i>Stress</i>	R^2 (%)
1	Ekologi	41,77	Kurang berkelanjutan	0.13	95
2	Sosial	61,65	Cukup berkelanjutan	0.13	95
3	Ekonomi	39,72	Kurang berkelanjutan	0.13	95
4	Tata kelola	52,24	Cukup berkelanjutan	0.15	94
5	Teknologi	45,51	Kurang berkelanjutan	0.14	94

Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh atribut yang dikaji terhadap keberlanjutan pengelolaan *Green Campus* tergolong akurat dan dapat dipertanggungjawabkan, karena nilai *stress* berkisar antara 0,13-0,15 yang tergolong dalam kategori cukup baik. Menurut (Kavanagh, 2001), bahwa nilai *stress* yang dapat ditelorir adalah 0,20 (20%). Nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh menjelaskan bahwa model perubah yang digunakan sudah dapat menjelaskan 94-95% dari model yang ada. Nilai koefisien determinasi (R^2) tergolong dalam kategori baik apabila berada dalam rentang 80% hingga 100% (Kavanagh, 2001). Dengan demikian dapat dikatakan seluruh atribut yang digunakan pada setiap dimensi sudah baik untuk menjelaskan keberlanjutan *Green Campus* Universitas Riau. Hal ini mengindikasikan bahwa indeks keberlanjutan yang dihasilkan serta atribut-atribut kunci yang teridentifikasi dapat digunakan sebagai dasar yang kuat dalam mengevaluasi kondisi keberlanjutan kampus. Hasil penelitian ini tidak hanya menunjukkan tingkat keberlanjutan pada masing-masing dimensi, namun juga memberikan informasi penetapan prioritas kebijakan dan strategi keberlanjutan *Green Campus* secara lebih tepat sasaran.

3.7. Faktor-Faktor Kunci yang Mempengaruhi Keberlanjutan *Green Campus*

Atribut kunci atau faktor penentu yang mempengaruhi keberlanjutan *Green Campus* pada dimensi ekologi, sosial, ekonomi, tata kelola dan teknologi di peroleh dari hasil analisis *lverage* (Tabel 4).

Dari 42 keseluruhan atribut yang mempengaruhi keberlanjutan *Green Campus*, 19 diantaranya merupakan atribut kunci yakni 5 atribut kunci dari dimensi ekologi, 3 atribut kunci dari dimensi sosial, 4 atribut kunci dari dimensi ekonomi, 3 atribut kunci dari dimensi tata kelola dan 4 atribut kunci dari dimensi teknologi. Atribut kunci ini mewakili keseluruhan atribut kondisi eksisting dari dimensi ekologi, dimensi sosial, dimensi ekonomi, dimensi tata kelola dan dimensi teknologi di kampus Universitas Riau. Atribut kunci tersebut dapat digunakan sebagai

bahan pertimbangan dalam menentukan model dan strategi pengelolaan *Green Campus* Universitas Riau.

Tabel 4. Atribut -Atribut Kunci yang Mempengaruhi Keberlanjutan *Green Campus*

No	Dimensi	Atribut kunci	<i>Lverage</i>
1.	Ekologi	Daya serap RTH terhadap emisi CO2	2,83
		Kebijakan kendaraan bebas emisi	2,61
		Program pembatasan kendaraan masuk kampus	2,35
		Keanekaragaman vegetasi	2,26
		Luas RTH	1,52
2.	Sosial	Perancangan sistem RTH	5,36
		Sosialisasi RTH	5,22
		Kebutuhan RTH perjiwa	4,69
3.	Ekonomi	Jenis usaha	7,54
		Fungsi ekonomi RTH	6,09
		Sosialisasi membuka usaha	5,33
		Peluang usaha	4,26
4.	Tata kelola	Keadilan	0,81
		Transparansi	0,8
		Responsibilitas	0,34
		Teknologi lingkungan dalam ruangan	4,41
5.	Teknologi	Tenologi aspek pencahayaan	3,26
		Teknologi aspek energi	3,23
		Teknologi aspek informatika	3,03

3.8. Rekomendasi Strategis Keberlanjutan *Green Campus*

Berdasarkan hasil analisis keberlanjutan dan atribut kunci, maka diperlukan strategi pengelolaan *Green Campus* pada lima dimensi tersebut. Strategi implementasi ditetapkan berdasarkan pertimbangan tingkat kebutuhan perbaikan, besarnya pengaruh keberlanjutan, dan kemudahan pelaksanaan dan dana tersedia. (Tabel 5).

Penelitian ini menggunakan kriteria penilaian yang terstruktur serta pengujian melalui analisis Monte Carlo, *stress*, dan koefisien determinasi (R^2) menunjukkan bahwa hasil evaluasi memiliki tingkat konsistensi dan keandalan yang memadai. Namun memiliki keterbatasan pada penggunaan *scientific judgment* dalam penentuan skor atribut keberlanjutan yang dapat dipengaruhi oleh interpretasi penilai. Oleh karenanya melibatkan lebih banyak pakar dan pendekatan validasi meningkatkan objektivitas hasil evaluasi keberlanjutan kampus.

Tabel 5. Rekomendasi Prioritas Strategi Keberlanjutan *Green Campus*

Prioritas	Dimensi	Rekomendasi Utama	Dasar Penetapan
Tinggi	Ekologi	Kebijakan kendaraan bebas emisi, pembatasan kendaraan pribadi, peningkatan keanekaragaman vegetasi	Dampak besar terhadap emisi dan indeks ekologi
Tinggi	Teknologi	Peningkatan kualitas lingkungan dalam ruangan (suhu, kelembaban, pencahayaan)	Atribut <i>lverage</i> tertinggi dimensi teknologi
Tinggi	Ekonomi	Pengembangan fungsi ekonomi RTH dan peluang usaha masyarakat	Indeks ekonomi terendah
Sedang	Sosial	Sosialisasi <i>Green Campus</i> dan optimalisasi sistem RTH	Memperkuat partisipasi sivitas akademika
Sedang	Tata Kelola	Transparansi, keadilan, dan partisipasi stakeholder	Mendukung keberlanjutan program
Jangka Panjang	Teknologi	<i>Smart Building</i> dan sistem IoT kampus	Membutuhkan investasi besar

4. KESIMPULAN

Status keberlanjutan *Green Campus* Universitas Riau di kategorikan cukup berkelanjutan (52.00). Teridentifikasi 19 atribut kunci yang mempengaruhi keberlanjutan *Green Campus* yang tersebar pada lima dimensi. Pada dimensi ekologi : daya serap RTH terhadap emisi CO₂, kebijakan kendaraan bebas emisi, program pembatasan kendaraan masuk kampus, keanekaragaman vegetasi, dan luas RTH. Dimensi sosial: perancangan sistem RTH, sosialisasi RTH, kebutuhan RTH perjiwa. Dimensi ekonomi: jenis usaha, fungsi ekonomi RTH, sosialisasi membuka usaha, peluang usaha. Dimensi tata kelola: keadilan, transparansi, responsibilitas dan Dimensi teknologi: teknologi lingkungan dalam ruangan, teknologi aspek pencahayaan, teknologi aspek energi dan teknologi aspek informatika. Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah yang menghasilkan atribut-atribut kunci yang dapat dijadikan sebagai dasar dalam menyusun kebijakan dan strategi peningkatan keberlanjutan *Green Campus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aleixo, A. M., Leal, S., & Azeiteiro, U. M. 2021. Higher Education Students' Perceptions of Sustainable Development in Portugal. *Journal of Cleaner Production*, 327. doi:10.1016/j.jclepro.2021.129429
- Aliero, M. S., Asif, M., Ghani, I., Pasha, M. F., & Jeong, S. R. 2022. Systematic Review Analysis on Smart Building: Challenges and Opportunities. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). doi: 10.3390/su14053009
- Ap. Moreira, G., & Wanda Rutkoski, E. 2021. Zero Waste Strategy for a Green Campus. *Journal of Sustainability Perspectives*, 1. doi: 10.14710/jsp.2021.12027
- Bai, Y., Wang, R., Yang, L., Ling, Y., & Cao, M. 2024. The Impacts of Visible Green Spaces on the Mental well-being of University Students. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 17(3), 1105–1127. doi: 10.1007/s12061-024-09578-7
- Brander, L. M., de Groot, R., Schägner, V., van 't Hoff, V., Solomonides, S., McVittie, A., Eppink, F., Sposato, M., Do, L., Ghermandi, A., Sinclair, M., & Thomas, R. 2024. Economic values for ecosystem services: A global synthesis and way forward. *Ecosystem Services*, 66, 101606. doi:10.1016/j.ecoser.2024.101606
- Brink, H. W., Loomans, M. G. L. C., Mobach, M. P., & Kort, H. S. M. 2021. Classrooms' Indoor Environmental Conditions Affecting the Academic Achievement of Students and Teachers in Higher Education: A systematic literature review. *Indoor Air*, 31(2), 405–425. doi: 10.1111/ina.12745
- Chen, J., & Singh, C. K. S. 2024. A Systematic Review on Deep Learning in Education: Concepts, Factors, Models and Measurements. *Journal of Education and Educational Research*, 7(1), 125–129. doi: 10.54097/gzk2yd38
- Chen, W. Y. 2015. The Role of Urban Green Infrastructure in Offsetting Carbon Emissions in 35 Major Chinese Cities: A Nationwide Estimate. *Cities*, 44, 112–120. doi: 10.1016/j.cities.2015.01.005
- Chen, Y., Huang, D., Liu, Z., Osmani, M., & Demian, P. 2022. Construction 4.0, Industry 4.0, and Building Information Modeling (BIM) for Sustainable Building Development within the Smart City. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16). doi: 10.3390/su141610028
- Choi, Y., & Lee, J. 2025. The Effect of Shared and Inclusive Governance on Environmental Sustainability at U.S. Universities. *Sustainability*, 17(14), 6630. doi: 10.3390/su17146630
- Croci, E., Lucchitta, B., & Penati, T. 2021. Valuing ecosystem services at the urban level: A critical review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1–16. doi: 10.3390/su13031129
- da Silva, L. A., de Aguiar Dutra, A. R., & de Andrade Guerra, J. B. S. O. 2023. Decarbonization in Higher Education Institutions as a Way to Achieve a Green Campus: A Literature Review. *Sustainability (Switzerland)*, 15(5). doi: 10.3390/su15054043
- Darmawati, Mulyadi A., Suwondo, Harto S. 2021. The Diversity and Vegetation Structure Based on Growth Levels at An Urban Green Campus in Pekanbaru City, Indonesia. *Biodiversitas* 22: 5123-5132. doi: 10.13057/biodiv/d221151
- Darmawati, Mulyadi A, Suwondo, Sam Z. 2022. Kondisi Eksisting Ruang Terbuka Hijau di Kampus Bina Widya Universitas Riau Pekanbaru, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 109-119. doi : 10.31258/jil.16.2.p.109-119
- Darmawati, Sayuti, I., Zulfarina, & Nursal. 2024. Kondisi Eksisting Green Campus pada Dimensi Ekologi di Kampus Bina Wiya Universitas Riau Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 543-550. doi:10.14710/jil.22.2.543-550
- Dermawan, O., & Sain, Z. H. 2025. Green Campus Management in Islamic Higher Education : Sustainable Development Goals 13. *International Journal of Islamic Studies Higher Education*, 4(1), 46–58.
- Fauzi A. 2019. Teknik Analisis Keberlanjutan. Gramedia, Jakarta
- Findler, F., Schönherr, N., Lozano, R., Reider, D., & Martinuzzi, A. 2019. The Impacts of Higher Education Institutions on Sustainable Development: A Review and Conceptualization. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(1), 23–38. doi: 10.1108/IJSHE-07-2017-0114
- Gately, C. K., Hutyra, L. R., & Wing, I. S. 2015. Cities, Traffic, and CO₂: A Multidecadal Assessment of Trends, Drivers, and Scaling Relationships. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(16), 4999–5004. doi: 10.1073/pnas.1421723112
- Haggag, M., Oulefki, A., Amira, A., Kurugollu, F., Mushtaha, E. S., Soudan, B., Hamad, K., & Foufou, S. 2025. Integrating Advanced Technologies for Sustainable Smart Campus Development: A Comprehensive Survey of Recent Studies. *Advanced Engineering Informatics*, 66, 103412. doi: 10.1016/j.aei.2025.103412
- Huang, Y., Chen, Y., Castro-Izaguirre, N., Baruffol, M., Brezzi, M., Lang, A., Li, Y., Härdtle, W., Von Oheimb, G., Yang, X., Liu, X., Pei, K., Both, S., Yang, B., Eichenberg, D., Assmann, T., Bauhus, J., Behrens, T., Buscot, F., ... Schmid, B. 2018. Impacts of Species Richness on Productivity in A Large-Scale Subtropical Forest Experiment. *Science*, 362(6410), 80–83. doi: 10.1126/science.aat6405
- Husnah, M. 2025. Green Campus in Action : Optimalisasi Sarana dan Prasarana sebagai Pilar Keberlanjutan Pendidikan Tinggi. *IJoEd : Indonesian Journal on Education*, 2(1), 23–32. doi: 10.70437/ijoed.v2i1.178

- Iqbal, M., Hermawan, R., & N Dahlan, E. 2015. Potensi Serapan Karbondioksida Beberapa Jenis Daun Tanaman di Jalur Hijau Jalan Raya Pajajaran, Bogor. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, 12(1), 67–76. doi: 10.20886/jpsek.2015.12.1.67-76
- Kavanagh, P. 2001. Rapid Appraisal of Fisheries (Rapfish) Project. Rapfish Software Description (for Microsoft Excel). *University of British Columbia. Fisheries Centre*, 12(2), 36.
- Lamberti, G., Salvadori, G., Leccese, F., Fantozzi, F., & Bluysen, P. M. 2021. Advancement on Thermal Comfort in Educational Buildings: Current Issues and Way Forward. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). doi: 10.3390/su131810315
- Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. 2017. Building Information Modeling (Bim) For Green Buildings: A Critical Review and Future Directions. *Automation in Construction*, 83, 134–148.
- Mirici, M. E. 2022. The ecosystem services and green infrastructure: A systematic review and the gap of economic valuation. *Sustainability*, 14(1), 517. doi: 10.3390/su14010517
- Norra, B. I., & Hariz, A. 2022. UIN Walisongo Green Campus Study : Implementation of Education Readiness in the Faculty of Science and Technology. *Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 23(2), 1–14. doi: 10.21009/PLPB.232.01
- Pedro, E. de M., Leitão, J., & Alves, H. 2022. Do Socially Responsible Higher Education Institutions Contribute to Sustainable Regional Growth and Innovation. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(8), 232–254. doi: 10.1108/IJSHE-09-2021-0400
- Pereira Ribeiro, J. M., Hoeckesfeld, L., Dal Magro, C. B., Favretto, J., Barichello, R., Lenzi, F. C., Secchi, L., Montenegro de Lima, C. R., & Salgueirinho Osório de Andrade Guerra, J. B. 2021. Green Campus Initiatives as Sustainable Development Dissemination at Higher Education Institutions: Students' Perceptions. *Journal of Cleaner Production*, 312. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127671
- Pitcher, T. J., & Preikshot, D. 2001. RAPFISH: A Rapid Appraisal Technique to Evaluate the Sustainability Status of Fisheries. *Fisheries Research*, 49(3), 255–270. doi: 10.1016/S0165-7836(00)00205-8
- Sgarra, V., Meta, E., Saporito, M. R., Persia, L., & Usami, D. S. 2022. Improving Sustainable Mobility in University Campuses: The Case Study of Sapienza University. *Transportation Research Procedia*, 60, 108–115. doi: 10.1016/j.trpro.2021.12.015
- UNEP. 2014. Universities Toolkit V2.0 : Transforming Universities into Green and Sustainable Campuses : A Toolkit For Implementers. UNEP.
- Vargas, V. R., Lawthom, R., Prowse, A., Randles, S., & Tzoulas, K. 2019. Sustainable Development Stakeholder Networks for Organisational Change in Higher Education Institutions: A Case Study from The UK. *Journal of Cleaner Production*, 208, 470–478. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.078
- Wang, J., Zhou, W., Pickett, S. T. A., Yu, W., & Li, W. (2021). Assessing the value of urban green infrastructure ecosystem services for high-density urban management and development: Case from the Capital Core Area of Beijing, China. *Sustainability*, 13(21), 12115. doi: 10.3390/su132112115
- Yang, A., Han, M., Zeng, Q., & Sun, Y. 2021. Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges. *Advances in Civil Engineering*, 2021. doi: 10.1155/2021/8811476
- Ying, R., & Wang, X. 2024. Influence of Regional Air Pollution Pressure on the Green Transformation of Higher Education: An Empirical Study Based on PM2.5 in Chinese Cities. *Sustainability (Switzerland)*, 16(16). doi: 10.3390/su16167153
- Zhou, H., Liu, Y., & He, M. 2022. The Spatial Interaction Effect of Green Spaces on Urban Economic Growth: Empirical Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16). doi: 10.3390/ijerph191610360