

Pengukuran Kinerja Keberlanjutan Pengembangan Mixed-use di Kota Semarang Menggunakan Pendekatan Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

Grandy Laronesa Wungo, Nafiz Haikal dan Adam Patria Nusantara

¹Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Email koresponden: grandywungo@live.undip.ac.id

Submitted: 2024-03-02 Revisions: 2024-04-02 Accepted: 2024-09-11 Published: 2024-09-18

©2024 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

©2024 by the authors. Majalah Geografi Indonesia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons

Attribution (CC BY SA) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Abstrak. Bentuk kota sangat berperan dalam strategi keberlanjutan karena secara langsung akan berpengaruh dalam isu energi, vitalitas perkotaan, dan keberlanjutan lingkungan. Kota Semarang merupakan salah satu dari lima kota metropolitan di Indonesia yang dalam RTRW Kota Semarang 2011-2031 menerapkan konsep *mixed-use*. Namun demikian masih banyak penerapan konsep ini yang berfokus pada *superblock* yang berorientasi ekonomi tanpa mengindahkan keberlanjutan lingkungan, oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah mengukur derajat *mixed-use* di Kota Semarang serta menilai kinerja keberlanjutannya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *mixed-use measurement* yang menitikberatkan pada kedekatan dan interaksi penggunaan lahan utama dan penilaian kinerja berkelanjutan menggunakan alat Leadership in Energy and Environmental Design (LEED-ND). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Kota Semarang memiliki derajat *mixed-use* mayoritas pada tingkat sedang dan tinggi sementara derajat *mixed-use* paling tinggi di Kecamatan Semarang Barat. Pada penilaian LEED-ND di Kecamatan Semarang Barat ditemukan bahwa nilai keberlanjutan yang cukup rendah pada aspek *Smart Location Linkage*, dimana memiliki tujuan untuk mengurangi perjalanan dan jarak tempuh kendaraan sehingga berkaitan dengan penyediaan infrastruktur transportasi. Selanjutnya, pada aspek *Neighbourhood Pattern Design* juga memiliki nilai keberlanjutan yang cukup rendah khususnya pada variabel *Walkable Street* dan *Compact Development*, dimana memiliki tujuan efisiensi pergerakan dan kelayakan huni sehingga berkaitan dengan penyediaan hunian yang kompak dan jalur pedestrian. Oleh karena itu, perlu adanya perhatian khusus dalam perencanaan pembangunan untuk mencapai standar prasyarat penilaian LEED berdasarkan aspek tersebut.

Kata kunci: keberlanjutan; *mixed-use*; LEED-ND

Abstract. The shape of the city plays a role in sustainability strategies because it will directly affect the issues of energy, urban vitality, and environmental sustainability. Semarang City is one of the five metropolitan cities in Indonesia which in the Semarang City RTRW 2011-2031 applies the concept of *mixed-use*. However, there are still many applications of this concept that focus on *economic-oriented superblocks* without regard to environmental sustainability, therefore the purpose of this study is to measure the degree of *mixed-use* in Semarang City and assess its sustainability performance. The methods used in this study are *mixed-use measurement* which focuses on proximity and interaction of key land uses and sustainable performance assessment using the Leadership in Energy and Environmental Design (LEED-ND) tool. The results of this study show that Semarang City has the majority of *mixed-use* degrees at medium and high levels while the highest *mixed-use* degrees are in West Semarang District. In the LEED-ND assessment in West Semarang District, it was found that the sustainability value is quite low in the aspect of *Smart Location Linkage*, which has the aim of reducing vehicle trips and mileage so that it is related to the provision of transportation infrastructure. Furthermore, the *Neighbourhood Pattern Design aspect* also has a fairly low sustainability value, especially in the variables of *Walkable Street* and *Compact Development*, which have the aim of movement efficiency and habitability so that it is related to the provision of compact housing and pedestrian paths. Therefore, special attention is needed in development planning to achieve the LEED assessment pre-requirement standards based on these aspects.

Keywords: sustainability; *mixed-use*; LEED-ND

PENDAHULUAN

Menurut konsep pembangunan berkelanjutan, penggunaan sumber daya alam untuk kegiatan manusia pada tingkat saat ini akan membahayakan kemampuan generasi mendatang (Visser & Brundtland, 1987). Konsumsi energi di wilayah perkotaan merupakan komponen penting dalam strategi energi berkelanjutan karena suatu perkotaan merupakan konsumen energi utama dan pengguna sumber daya di seluruh dunia (Crompton & Wu, 2005). Oleh karena itu,

bentuk wilayah perkotaan telah dianggap sebagai faktor penting yang mempengaruhi konsumsi energi dan menimbulkan berbagai masalah lingkungan (Alberti et al., 2007). Salah satu bentuk perkotaan yang diakibatkan pertumbuhan yang tidak terkendali adalah *urban sprawl*, suatu kota yang terus berkembang dan mengalami pertumbuhan yang pesat tanpa adanya pengendalian akan menyebabkan terjadinya pemekaran pada pinggiran kota (*urban sprawl*) (Segnita & Handayani, 2017). Dalam pemecahan masalah pengembangan

urban sprawl, telah direncanakan konsep kota kompak, kota kompak dapat didefinisikan sebagai permukiman perkotaan dengan kepadatan tinggi yang mendorong revitalisasi pusat kota, mengembangkan tata guna lahan campuran, menahan pembangunan di wilayah pedesaan, mendorong fasilitas transportasi umum, dan memusatkan pembangunan di sekitar stasiun transportasi (Burton, 2000) dengan Pengembangan tata guna lahan campuran (*mixed-use*) merupakan salah satu parameter utamanya (Abdullahi et al., 2015).

Salah satu komponen yang diperlukan untuk mencapai keberlanjutan penggunaan lahan adalah dengan memaksimalkan efisiensi pengembangan penggunaan lahan sehingga berkaitan dengan kemampuan ruang kecil dalam menampung orang sebanyak mungkin, dimana melibatkan analisis *mixed-use development* dalam suatu kawasan. (O'Driscoll et al., 2023). Menurut (Grant, 2002), *mixed use development* merupakan bagian dari strategi pembangunan berkelanjutan sebagai teori bentuk perkotaan yang baik dengan tujuan vitalitas ekonomi, keadilan sosial, dan kualitas lingkungan. Pembangunan berkelanjutan sangat berkaitan dengan kualitas hidup masyarakat tentang sistem sosial, lingkungan hidup, dan kegiatan ekonomi yang mampu untuk membangun masyarakat dalam memberikan kehidupan sehat dan signifikan bagi seluruh masyarakat saat ini dan masa depan (Yusoff, 2020). Pembangunan berkelanjutan sebagai konsep kebijakan pembangunan mendefinisikan proses perubahan keadaan keseimbangan dinamis antara pembangunan sosial, ekonomi dan lingkungan serta tata ruang wilayah (Bedrunka, 2020).

Kota Semarang merupakan ibu kota Provinsi Jawa Tengah sekaligus kota metropolitan terbesar kelima di Indonesia yang dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan *urban sprawl* berdasarkan aktivitas kota yang berkembang pesat disertai dengan kepadatan 4.441 jiwa/km. Penelitian tentang tipologi *urban sprawl* di Kota Semarang oleh Apriani & Manaf (2015) menunjukkan bahwa hampir 50% Kelurahan di bagian selatan kota teridentifikasi sebagai *sprawl*. Secara keseluruhan, terdapat 18,69% ketidaksesuaian antara penggunaan lahan (*landuse*) dan Rencana Detail Tata Ruang Kota (RDTRK) di Semarang, hal ini tentu akan mempengaruhi aspek keberlanjutan di Kota Semarang. *Mixed-use development* yang merupakan aspek pembangunan perkotaan berkelanjutan pada kasus studi Kota Semarang melalui penelitian sebelumnya yang menggunakan teknik indeks entropi dengan 40% wilayah memiliki indeks entropi pada kisaran 0,61-0,80 atau derajat *mixed-use* yang tinggi (Segnita & Handayani, 2017). Namun demikian, pengembangan *mixed-use* di Indonesia umumnya hanya berfokus pada peningkatan kualitas ekonomi akibat dominasi pengembang *superblock* yang belum tentu mempertimbangkan aspek aspek sosial lingkungan, contohnya di Kota Semarang seperti pengembangan *Simpang Lima City Center*, *Pemuda Central Business District* dst, hal ini tentu menimbulkan suatu permasalahan prinsip pengembangan *mixed-use* yang harusnya berkelanjutan.

Dalam mengatasi permasalahan *mixed-use* yang menyimpang dari konsep berkelanjutan di Kota Semarang ini, perlu dilakukan suatu penilaian tingkat keberlanjutan dari pengembangan *mixed-use* di Kota Semarang, banyak contoh lingkungan perkotaan berkelanjutan yang menunjukkan manfaat keberlanjutan sedangkan terdapat peningkatan permintaan terhadap alat untuk menilai keberlanjutannya (Berardi, 2015). Penilaian keberlanjutan didefinisikan sebagai proses mengidentifikasi, memprediksi, dan mengevaluasi

potensi dampak dari berbagai inisiatif dan alternatif (Devuyt, 2000). Upaya global untuk menyusun berbagai alat penilaian keberlanjutan telah meningkatkan jumlah skema baru yang diperkenalkan di tingkat nasional dan internasional, dimana sistem yang paling dikenal secara global adalah LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) dan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) (Elnokaly & Vyas, 2016). LEED merupakan alat pendukung dan sistem penilaian berkelanjutan untuk membantu pengambil keputusan dalam meningkatkan kinerja lingkungan bangunan (Smith, 2014). Upaya untuk meningkatkan penilaian keberlanjutan mengarah pada pengembangan sistem pemeringkatan, seperti LEED-ND, yang didedikasikan untuk proyek skala lingkungan (USGBC-b, 2014). Sistem Informasi Geografi (SIG) dapat digunakan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dengan menyediakan alat visualisasi kepada pembuat kebijakan dan lembaga perencanaan untuk mengelola pertumbuhan dan perubahan. Selain itu, alat ini dapat membantu dalam perencanaan proyek dengan memberikan perencanaan proyek secara rinci, yang memiliki banyak komponen ruang, dimana analisis masalah diperlukan sebelum memulai proyek (Băneş et al., 2010). GIS juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi distribusi spasial kebutuhan pembangunan lingkungan, yang dapat membantu dalam pengembangan rencana pembangunan berkelanjutan (Campagna, 2006).

Segnita & Handayani (2017) telah melakukan pengukuran *mixed-use* di Kota Semarang tentang indeks entropi, dimana teknik ini biasanya digunakan dalam mengukur keanekaragaman hayati dan ekologi wilayah. Teknik entropi yang digunakan pada penelitian tersebut hanya berfokus pada jumlah kategori penggunaan lahan tanpa memperhatikan distribusi spasial dari penggunaan lahan tersebut sehingga validasi dari hasil analisis entropi dengan distribusi penggunaan lahan yang berbeda akan memiliki indeks entropi yang sama. Selain itu, konsep *mixed-use* yang merupakan konsep yang digunakan untuk mempertahankan keberlanjutan lingkungan juga tidak dapat dilihat pada metode tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengukur derajat *mixed-use* di Kota Semarang mengacu dari (Abdullahi et al., 2015) untuk menghasilkan wilayah dengan derajat *mixed-use* tertinggi. Kemudian, dilanjutkan dengan mengukur tingkat keberlanjutan dari wilayah dengan derajat *mixed-use* tertinggi menggunakan alat LEED-ND yang mengacu pada penelitian sebelumnya oleh (Pedro et al., 2018), sehingga bisa didapatkan pengukuran derajat *mixed-use* dan analisis performa keberlanjutan dari pembangunan *mixed-use* dalam bentuk secara spasial di Kota Semarang. (1)

METODE PENELITIAN

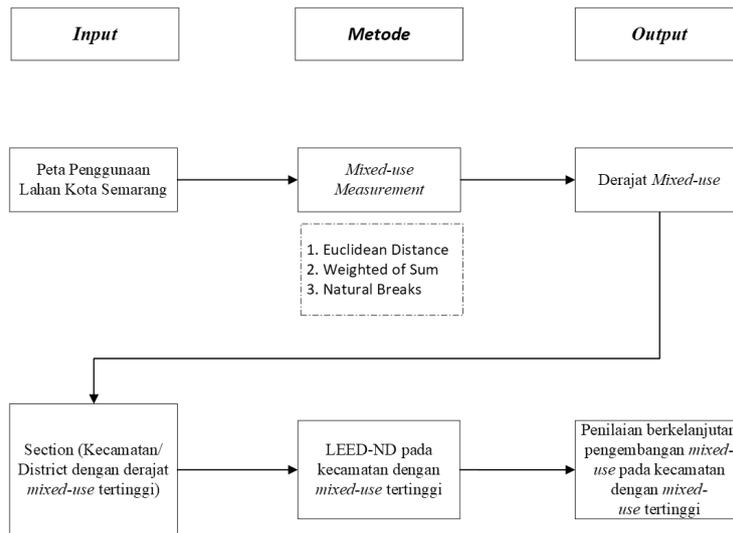
Penelitian ini dilakukan pada tahun 2023 dengan menggunakan 2 jenis lingkup penelitian yaitu lingkup makro dan lingkup mikro. Pada lingkup makro penelitian akan dilakukan di Kota Semarang, pemilihan Kota Semarang didasarkan dengan statusnya sebagai ibukota Jawa Tengah serta kondisinya sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan melalui instansi terkait di Kota Semarang misalnya penggunaan lahan Kota Semarang dan juga data kondisi lapangan yang didapatkan melalui *Google Earth Pro*.

Kota Semarang memiliki luas wilayah sebesar 373,70 km². Secara geografis, kota ini terletak di pantai utara Jawa Tengah,

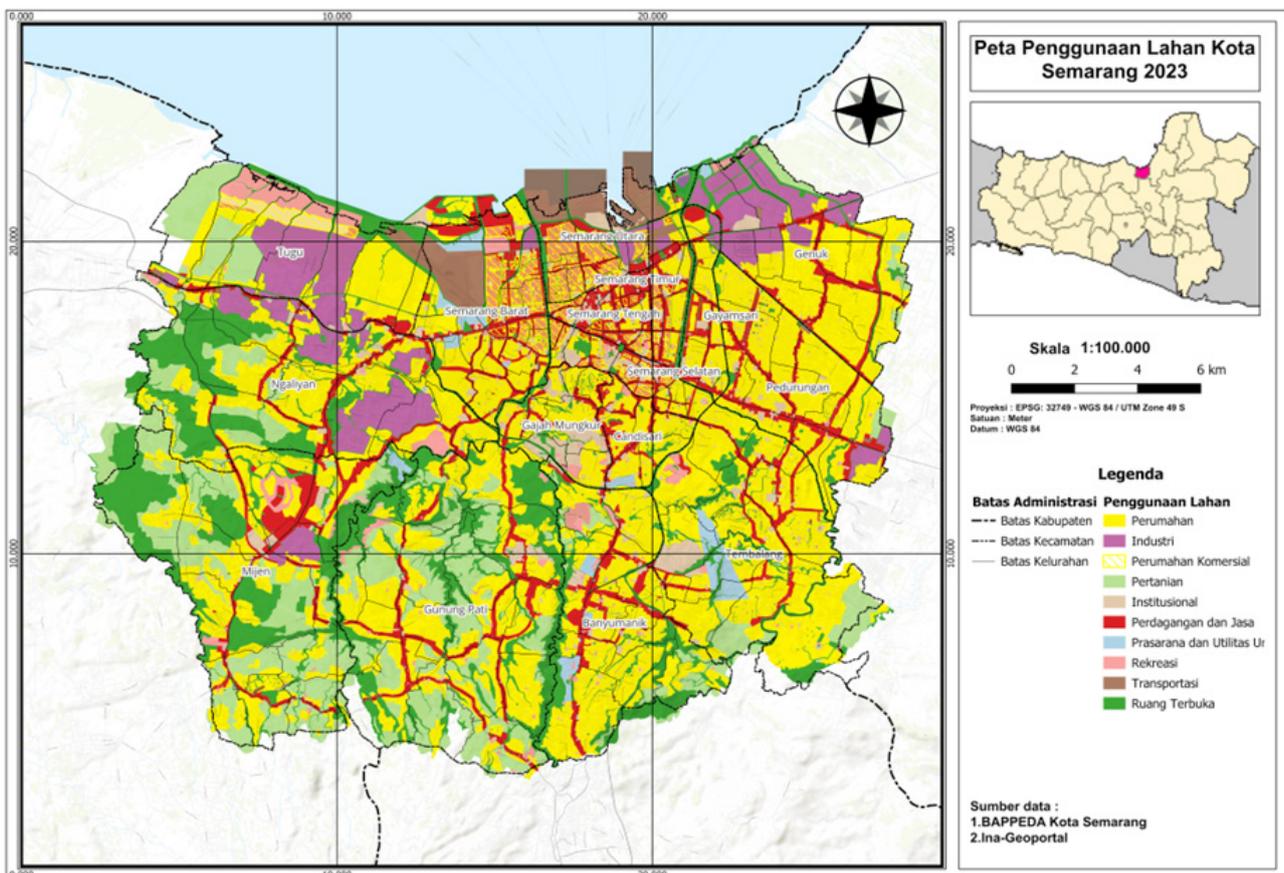
tepatnya pada garis 6°, 5' s/d 7°, 10' Lintang Selatan dan 110°, 35' Bujur Timur (Badan Pusat Statistik, 2023). Batas-batas wilayah administratifnya adalah Kabupaten Demak di sebelah timur, Kabupaten Semarang di sebelah selatan, Kabupaten Kendal di sebelah barat, dan Laut Jawa di sebelah utara. Adapun untuk ruang lingkup mikro yang akan digunakan dalam penelitian ini akan berbasis dari pengukuran *mixed-use*, dan dilakukan pada lingkup Kecamatan, dengan dipilihnya ruang lingkup mikro berbasis pengukuran *mixed-use* ini diharapkan dapat menjadi contoh dan sebagai evaluasi bagaimana tingkat keberlanjutan *mixed-use* yang diterapkan di Kota Semarang. Berikut ini adalah kerangka analisis penelitian yang akan dilakukan peneliti (lihat Gambar 1.).

Pengukuran *Mixed-use*

Metode pengukuran *mixed-use* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada (Abdullahi et al., 2015) yang melakukan analisis penggunaan campuran pada Kota Kajang Malaysia, proses pertama kali pada pengukuran *mixed-use* mengekstraksi setiap tipe penggunaan lahan dari peta penggunaan lahan Kota Semarang (Gambar 2.). Tipe penggunaan lahan kemudian diekspor ke lapisan terpisah dan dikonversi ke format raster menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Analisis kedekatan setiap tipe penggunaan lahan dilakukan secara terpisah menggunakan alat jarak *Euclidean* dalam perangkat lunak ArcGIS (Tayyebi et al., 2011). Setiap peta kedekatan kemudian dikategorikan ke dalam lima kelas.



Gambar 1. Kerangka Penelitian (Sumber: Analisis Penulis, 2023)



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Kota (Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Dengan cara ini, semua piksel area penelitian di setiap peta kedekatan diberi skor dalam rentang 1 hingga 5 (lima sebagai piksel terdekat dan satu sebagai piksel terjauh). Akhirnya, semua lima peta kedekatan digabungkan dengan bobot yang sama untuk menyoroti piksel dengan kedekatan lebih banyak ke penggunaan lahan. Peta output menunjukkan piksel dalam rentang 5 (piksel penggunaan lahan tunggal) hingga 25 (piksel

penggunaan lahan campuran). Proses ini menunjukkan lingkungan dengan keanekaragaman penggunaan lahan yang lebih tinggi (piksel dengan nilai dekat dengan 25) dan area dengan keanekaragaman penggunaan lahan yang lebih rendah (piksel dengan nilai dekat dengan 5). Hasilnya dapat diklasifikasikan dengan menggunakan berbagai teknik klasifikasi sesuai dengan persyaratan penelitian. Dalam studi



Gambar 3. Model builder pengolahan data penggunaan lahan Kota Semarang (Sumber: Analisis Penulis, 2023)

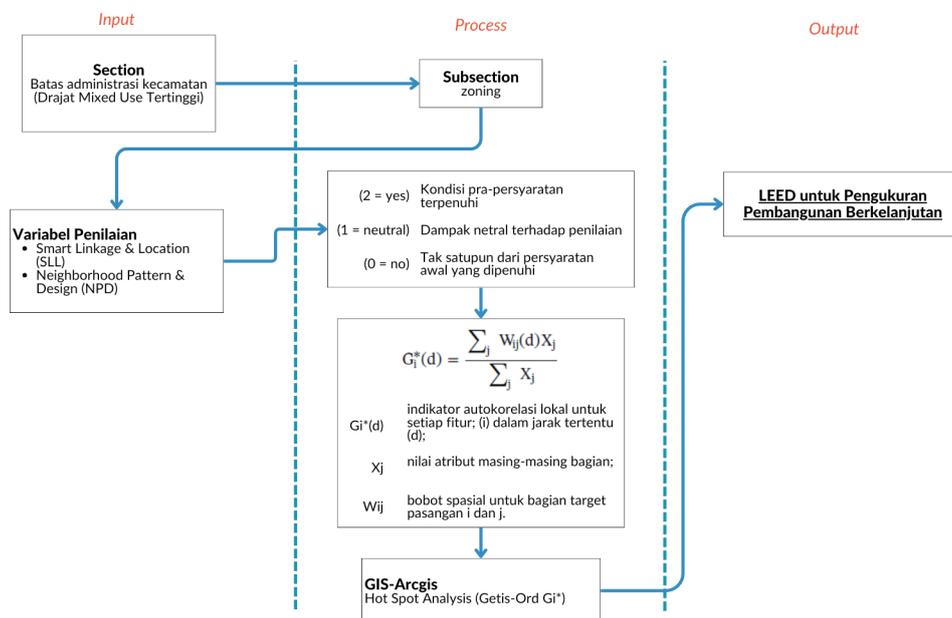
ini, klasifikasi pemecah alami dilakukan untuk mengekstrak area dengan penggunaan lahan campuran terbanyak (Rohde et al., 2006; Tang et al., 2006), dengan rincian skor 5 (keragaman sangat tinggi), skor 4 (keragaman tinggi), skor 3 (keragaman sedang), skor 2 (keragaman cukup), dan skor 1 (keragaman rendah). Jenis klasifikasi lainnya, seperti kuantil dan interval yang sama, memaksa nilai data untuk membuat kelompok dengan luas atau rentang yang sama sementara pemecah alami mempertahankan batas dengan lonjakan besar dalam nilai data. Pada penelitian ini bahan yang digunakan ialah peta penggunaan lahan Kota Semarang (lihat pada Gambar 2.) yang didapatkan dari Badan Perencanaan Daerah Kota Semarang, dan selanjutnya diklasifikasikan menjadi 9 penggunaan lahan utama meliputi industri, institusi, perdagangan dan jasa, pertanian, perumahan, rekreasi, ruang terbuka, sarana dan prasarana, serta transportasi.

Pengukuran LEED

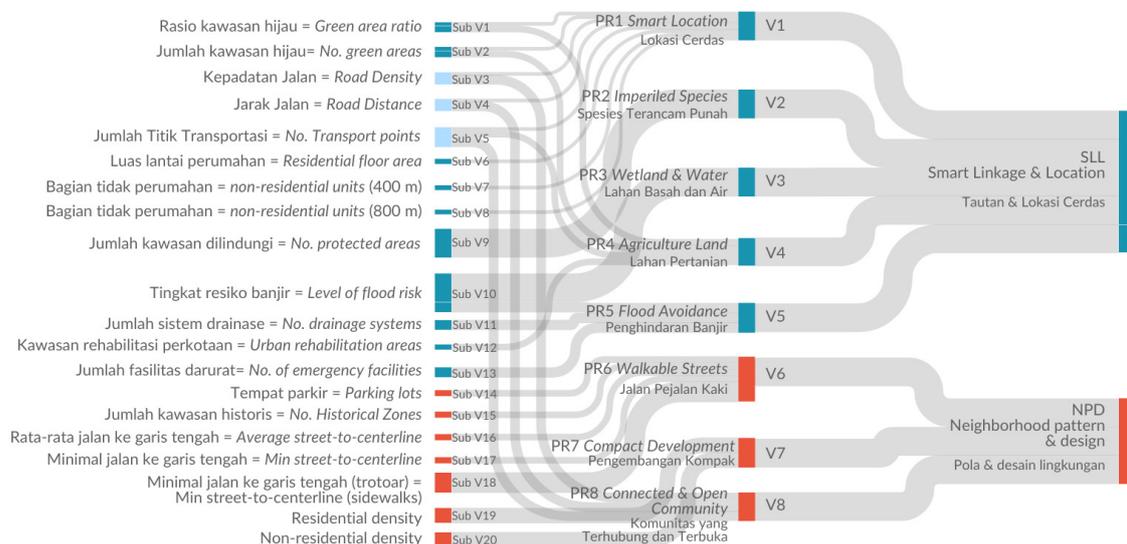
Perencanaan dengan pendekatan *mixed-use* dapat membantu mencapai tujuan keberlanjutan terkait kepadatan,

campuran penggunaan lahan, infrastruktur atau konektivitas transportasi, dan kualitas desain (Khatibi et al., 2023). Penilaian berkelanjutan untuk kawasan *mixed-use* melibatkan evaluasi desain dan perencanaan kawasan untuk memastikan bahwa kawasan tersebut memenuhi kebutuhan penghuninya sekaligus mendorong keberlanjutan (Salami et al., 2021). LEED adalah program sertifikasi bangunan ramah lingkungan yang diakui secara luas dan menetapkan standar praktik bangunan berkelanjutan yang selaras dengan beberapa tujuan pembangunan berkelanjutan PBB, khususnya tujuan 11 (Kota dan Komunitas Berkelanjutan) dan tujuan 13 (Aksi Iklim) (Goubran et al., 2022). (2)

Penilaian secara spasial LEED mengadaptasi dari (Pedro et al., 2018) seperti yang dijabarkan pada Gambar 3. Unit analisis yang digunakan ini dibagi menjadi dua jenis, yaitu *section* (bagian) dan *subsection* (subbagian). Standar dari penilaian ini memiliki ukuran maksimal 1,2 km² dikarenakan jika melebihi luas tersebut akan sulit untuk dilakukan penilaian LEED-ND (Pedro et al., 2018; USGBC-b, 2014). Lingkup *section* berada di hasil pengukuran derajat *mixed-use* tertinggi di Kota



Gambar 4. Kerangka Analisis Penilaian LEED (Sumber: Dimodifikasi dari Pedro et al., 2018)



Gambar 5. Diagram Variabel dan Sub-Variabel Penilaian LEED (Sumber: Dimodifikasi dari Pedro et al., 2018)

Semarang sedangkan *subsection* dibuat berdasarkan zoning dari penggunaan lahan campuran di wilayah tersebut.

Pra-persyaratan dan kredit utama dalam sistem pemeringkatan LEED-ND dikategorikan sebagai *Smart Location and Linkage (SLL)*, *Neighborhood Pattern and Design (NPD)*, dan *Green Infrastructure and Buildings (GIB)* (USGBC-b, 2014). Penelitian ini menggunakan data georeferensi di tingkat subbagian dalam evaluasi seluruh pra-persyaratan (Pedro et al., 2018) kecuali menggunakan GIB dikarenakan berada di lingkup desain interior komersial (USGBC-b, 2014) sehingga sulit untuk mencari data dengan lingkup kecil tersebut. Komponen pembentuk penilaian LEED terdiri dari variabel dan sub-variabel dalam memenuhi standar keberlanjutan yang dapat dilihat pada gambar 4.

Smart Linkage & Location (SLL)

Komponen dari SLL terdiri dari 5 variabel dan 14 sub variabel pembentuk sebagai komponen penilaian dari LEED yang akan dilakukan di Semarang Barat. Berikut ini adalah sub variabel dari SLL dan pra-persyaratan yang akan dilakukan pada penilaian LEED di kecamatan yang memiliki derajat *mixed-use* tertinggi:

- V1 = *Green area ratio*, $\leq 30\%$ ruang terbuka dari total *subsection*
- V2 = *No green areas*, terdapat ruang terbuka
- V3 = *Road density*, 5 juta penduduk (Kota Metropolitan) = 15% (panjang jalan/luas lahan)
- V4 = *Road distance*, *buffer* zona 500 m untuk mencapai fasilitas publik
- V5 = *No. transport point*, jalur sepeda, parkir sepeda, stasiun pengecasan kendaraan listrik, fasilitas transit transportasi umum, jarak 400 m dari fasilitas
- V6 = *Residential floor area*, perhitungan FAR $= > 0.5$ and ≤ 1
- V7 = *No. non-residential units (400m)*, terdapat area *non-residential* dengan luas 400 m *buffer*
- V8 = *No. non-residential units (800m)*, terdapat area *non-residential* dengan luas 800 m *buffer*
- V9 = *No. protected areas*, melindungi atau memulihkan sebagian dari lokasi proyek yang luasnya minimal 30% dari total luas lokasi
- V10 = *Level of flood risk*, terdapat fasilitas pengurangan dampak banjir di lokasi untuk mengurangi kuantitas dan meningkatkan kualitas limpasan air
- V11 = *No. drainage systems*, terdapat fasilitas *stormwater management (rain garden, permeabel pavement, drainase terbuka-tertutup)*
- V12 = *Urban rehabilitation areas*, terdapat area yang telah direhabilitasi sebelum dan setelah proyek pembangunan
- V13 = *No. of emergency facilities*, rumah sakit, pusat operasi darurat, gedung atau bagian bangunan yang ditetapkan sebagai tempat penampungan darurat, fasilitas pengolahan air dan limbah, serta kantor pemadam kebakaran dan polisi
- V14 = *Parking lots*, minimal terdapat 70% *on-street* parking sepanjang jalan (jalan untuk parkir/jalan total) dengan batas 7 meter dari gang dan persimpangan

Neighborhood Pattern & Design (NPD)

Komponen dari NPD terdiri dari 3 variabel dan 6 sub variabel pembentuk sebagai komponen penilaian dari LEED

yang akan dilakukan di Semarang Barat. Berikut ini adalah sub variabel dari NPD dan pra-persyaratan yang akan dilakukan pada penilaian LEED di Kecamatan Semarang Barat:

- V15 = *No. Historical zones*, terdapat zona historical yang terjaga
- V16 = *Average street to centerline*, total minimal street dan sidewalks
- V17 = *Min street to centerline*, minimal 90 cm lebar jalan setiap 30 cm tinggi bangunan
- V18 = *Min street to centerline (sidewalks)*, minimal 10 feet (3 meter) di area *mixed-use* dan 5 feet (1.5 meter) di area blok lainnya
- V19 = *Residential density*, jumlah rumah/hektar $= > 10$ and ≤ 13
- V20 = *Non Residential density*, perhitungan FAR $= > 0.75$ and ≤ 1.0

Pada tahap kompilasi, data yang diperlukan untuk penilaian keberlanjutan dikumpulkan dan diproses dengan dukungan perangkat lunak ArcGIS untuk melakukan penghitungan dan pengukuran pada peta elemen yang direferensikan secara geografis (Pedro et al., 2018). Data georeferensi merupakan akses spasial dengan memperluas atribut dan konsep pemrosesan sebagai penyimpanan sekunder (Otepka et al., 2013) sehingga dapat diperoleh melalui platform *maps* dan *google earth* (Ekowati et al., 2022) untuk melihat kondisi fisik lingkungan wilayah studi dalam penilaian LEED tersebut. Komponen penilaian SLL disesuaikan dengan pra-persyaratan penilaian LEED yang dapat dijabarkan pada gambar. 5. sebagaimana terdiri dari PR1 sampai PR5. Penilaian ini berfokus pada mengenai aspek lokasi dan transportasi pembangunan, termasuk akses transportasi umum, *walkability*, dan *bikeability* (USGBC-b, 2014). Komponen penilaian NPD tersusun dari PR6 sampai PR8 yang berfokus pada desain dan tata letak pembangunan, termasuk perpaduan penggunaan lahan, ketersediaan ruang terbuka, dan desain bangunan serta jalan (USGBC-a, 2014).

Penilaian pembangunan berkelanjutan dengan LEED-ND bertujuan untuk mengidentifikasi parameter kunci dan intervensi prioritas wilayah perkotaan untuk penerapan strategi perencanaan kota berkelanjutan. Sistem pemeringkatan LEED-ND sangat cocok untuk analisis ini karena melibatkan serangkaian parameter terukur dan nilai ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya untuk menilai kinerja keberlanjutan suatu lingkungan (Pedro et al., 2018). Fokus dari penelitian ini menggunakan komponen SLL dan NPD, dimana kredit LEED bertujuan untuk mengejar sertifikasi suatu proyek (USGBC-a, 2014). Menurut (Pedro et al., 2018) kredit tersebut dikeluarkan dari analisis ini karena tiga alasan utama, yaitu: kredit seringkali merupakan perpanjangan dari pra-persyaratan, pada skala kota tidak mungkin mengevaluasi sebagian besar kredit karena memerlukan informasi yang sangat rinci pada tingkat bangunan, fokus pada pra-persyaratan memungkinkan proses analisis menjadi lebih hemat waktu dan tidak memerlukan banyak data.

Pra-persyaratan LEED-ND adalah standar minimum wajib dalam proses penilaian keberlanjutan, dan pra-persyaratan tersebut dinilai berdasarkan variabel biner berbasis bukti (ya/tidak apakah memenuhi atau tidak dengan ketentuan standar). Skoring untuk memenuhi ambang batas ini dilakukan dengan beberapa kategori sebagai berikut: (ya = 2) digunakan ketika semua kondisi pra-persyaratan terpenuhi;

memiliki dua keuntungan utama: (a) evaluasi frekuensi penggunaan lahan yang ditemukan di lingkungan dan (b) kepekaan terhadap pengaturan atau pola distribusi jenis penggunaan lahan ini dalam batas-batas Kota Semarang (Abdullahi et al., 2015). Proses ini dapat dimodifikasi berdasarkan perspektif yang berbeda dari pengukuran campuran penggunaan lahan, seperti mengukur keragaman penggunaan lahan kota sehubungan dengan lingkungan perumahan atau termasuk proporsi frekuensi penggunaan lahan di setiap kabupaten atau zona wilayah studi.

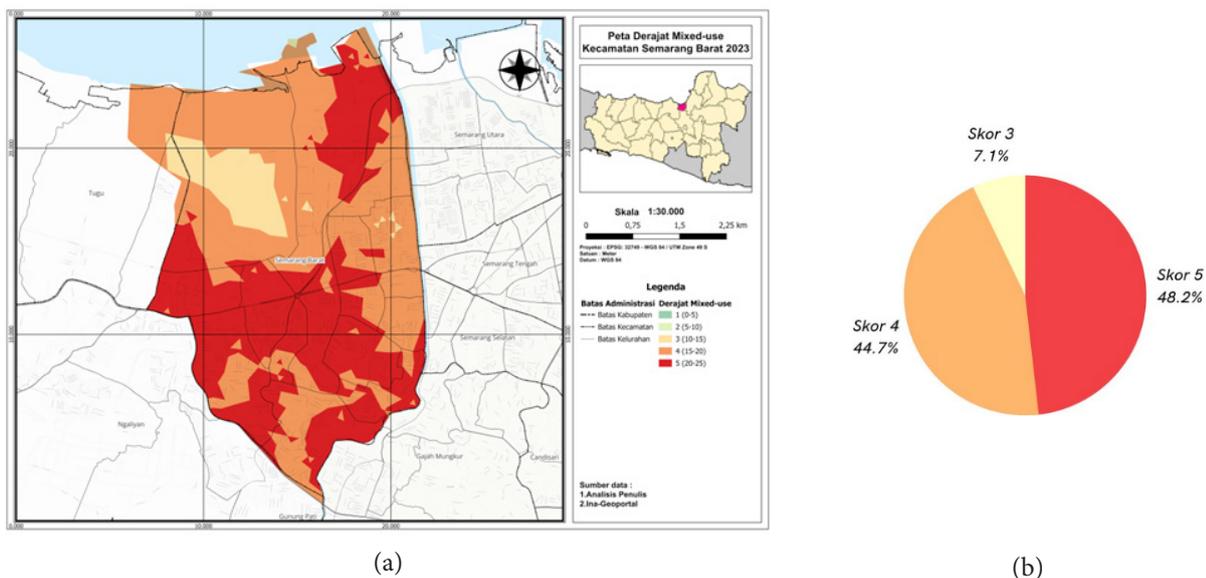
Oleh karena itu, proses ini dapat diimplementasikan untuk pengukuran bauran penggunaan lahan berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Kelas 1 (nilai piksel dari 0 hingga 5) menunjukkan area yang memiliki skor 1 (atau mendekati 1) di setiap peta kedekatan. Piksel ini mewakili area yang jauh dari jenis penggunaan lahan yang ditentukan, yang terletak di kelas terjauh dari peta kedekatan. Akibatnya, jumlah lima peta kedekatan dengan nilai piksel 1 atau mendekati 1 menciptakan nilai piksel di dekat nilai 5 di peta output. Area-area ini ditampilkan dalam warna hijau; mewakili jenis penggunaan lahan tunggal atau campuran dari dua jenis penggunaan lahan. legenda gambar 7. menunjukkan bahwa nilai piksel meningkat hingga maksimum 25, piksel ini menunjukkan area di dekat berbagai jenis penggunaan lahan, yang terletak di kelas terdekat (kelas dengan skor 5) di semua peta kedekatan. Oleh karena itu, daerah-daerah ini memiliki campuran dari hampir semua penggunaan lahan.

Dalam hasil pengukuran *mixed-use* ini merujuk pada gambar 7., secara umum dapat diketahui bahwa, Kota Semarang memiliki tingkat *mixed-use* yang mayoritas bernilai sedang hingga tinggi, dengan skor 5 (keragaman tinggi) memiliki total luas 4012 Ha (10,4%), skor 4 (keragaman cukup tinggi) memiliki total luas 22341 Ha (58,1%), skor 3 (keragaman sedang) memiliki total luas 10345 Ha (26,9%), skor 2 (keragaman cukup) memiliki total luas 1408 Ha (3,7%), dan skor 1 (keragaman rendah) memiliki total luas 376 Ha (1%). Jika melihat dari persebarannya dapat diketahui bahwa derajat *mixed-use* tertinggi ada pada pusat pusat Kota Semarang, utamanya pada Kecamatan Semarang Tengah,

Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Semarang Selatan, dan Kecamatan Ngaliyan, derajat *mixed-use* rendah berada pada pinggiran Kota Semarang seperti Kecamatan Mijen hal ini sejalan dengan teori *mixed-use* yang melibatkan penggabungan tempat tinggal, komersial, dan fasilitas umum dalam satu area yang sama (Hoppenbrouwer & Louw, 2005). Dengan tujuan keberagaman fungsi penggunaan lahan dalam kawasan perkotaan, yang pada umumnya akan sangat berkembang pada vitalitas perkotaan yang tinggi terutama pada pusat kota (Hoppenbrouwer & Louw, 2005). Hal ini juga menjadi bukti tingginya interaksi serta kedekatan penggunaan lahan yang terpusat pada inti atau *core* di Kota Semarang.

Selanjutnya pada level mikro atau pada lingkup Kecamatan, Kecamatan dengan keanekaragaman penggunaan lahan tertinggi adalah Kecamatan Semarang Barat yang mencapai 1054 Ha pada skor 5 dan 987 Ha pada skor 4, hal ini tentu dipengaruhi oleh perkembangan Kecamatan Semarang Barat yang cukup intens, dengan adanya bandara, pusat perbelanjaan, wisata, dst. Dengan perkembangan serta tingkat *mixed-use* ini Kecamatan Semarang Barat akan menjadi ruang lingkup mikro pada penelitian ini, akan dilakukan penilaian tingkat keberlanjutan dengan menggunakan metode LEED (lihat Gambar 8.).

Pada bagian selanjutnya, Kecamatan Semarang Barat yang dipilih sebagai ruang lingkup mikro untuk dilakukan penilaian LEED. Kecamatan Semarang Barat pada alat ukur LEED merupakan lingkup *section* yang akan dibagi ke dalam lingkup lebih kecil lagi dengan zoning kawasan berdasarkan garis administrasi kecamatan. Penentuan zoning ini berdasarkan pada drajat *mix-used* dengan digitasi melalui *google earth* pada aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG). Hasil dari zoning ini berupa 89 buah *subsection* yang nantinya akan dilakukan penilaian lanjutan dari LEED. Setelah proses zoning, dilakukan survei sekunder pada Kecamatan Semarang Barat untuk melihat kondisi fisik lingkungan yang sudah memenuhi pra-persyaratan penilaian LEED. Survei sekunder dengan bantuan *google maps* dan *google earth* ini digunakan untuk melihat aspek pembentuk penilaian LEED dilanjutkan dengan proses analisis spasial ArcGis untuk ditampilkan hasil penilaian tersebut.

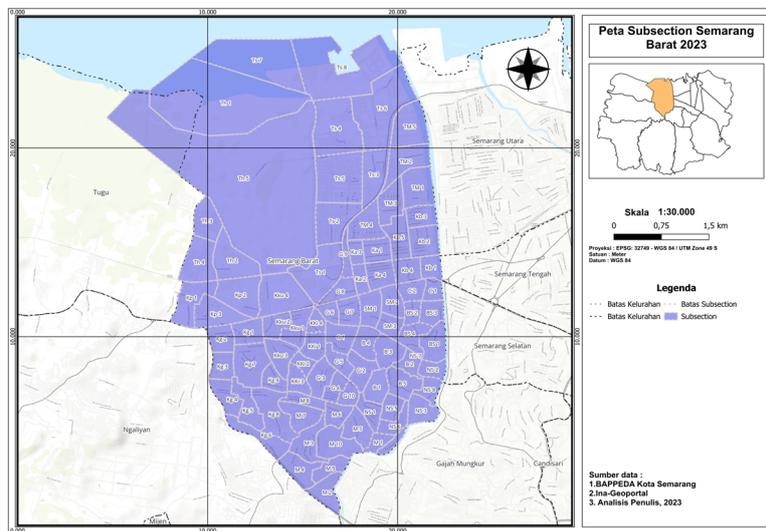


Gambar 8. (a) Peta Derajat Mixed-use Semarang Barat, dan (b) Diagram Luas Derajat Mixed-use Kecamatan Semarang (Sumber: Analisis Penulis, 2023)

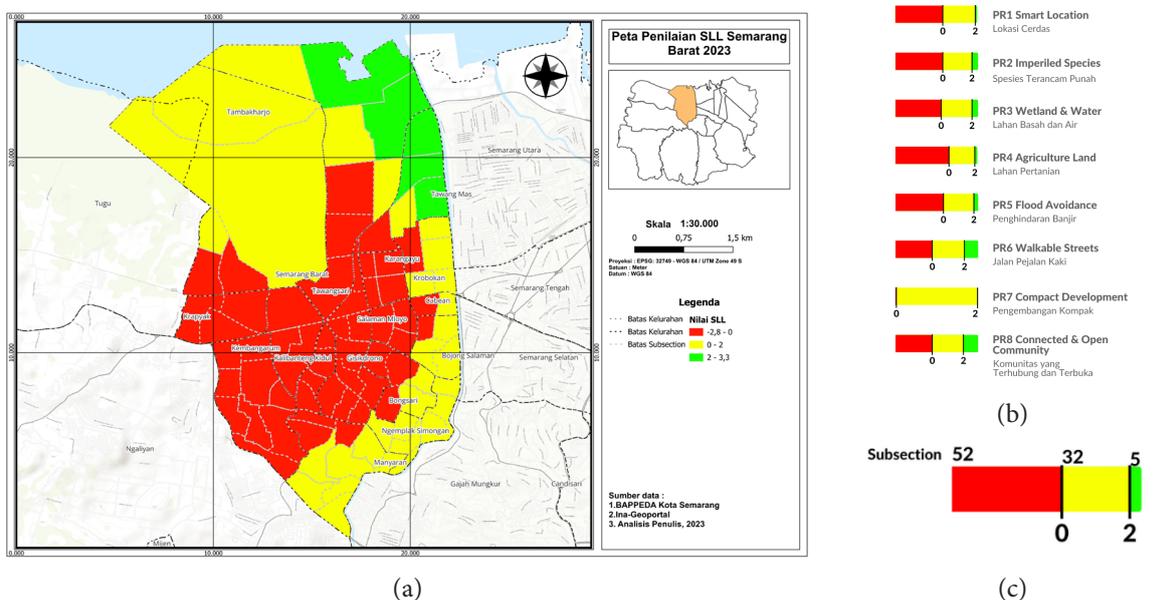
Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat dijelaskan bahwa hasil pemetaan spasial penilaian pembangunan berkelanjutan dengan menggunakan LEED dikategorikan ke dalam jenis derajat SLL dan NPD pada gambar 10. dan 11. LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) adalah sistem pemeringkatan untuk mengevaluasi kinerja lingkungan suatu bangunan dan mendorong desain berkelanjutan. Hasil penelitian ini menggunakan penilaian SLL dan NPD, dimana hasil dari kedua komponen ini menunjukkan tingkat mengkhawatirkan. Kecamatan Semarang Barat yang memiliki tingkat penggunaan campuran (*mixed-use*) tertinggi ternyata masih memiliki tingkat penilaian berkelanjutan yang rendah, dengan hanya ditemukan tingkat keberlanjutan pada SLL sebesar 6% dan NPD sebesar 15%. Hal ini memiliki persamaan dengan penelitian oleh Pedro et al., (2018), dimana Kota Lisbon memiliki tingkat keberlanjutan NPD yang cukup rendah sebesar 21% meskipun memiliki beberapa pengembangan *mixed-use* yang terletak di posisi sentral dan eksklusif kota (Sierra Sonae, 2023).

Kecamatan Semarang Barat memiliki drajat SLL penilaian LEED dengan jumlah 52 *subsection* dibawah 0; 32 *subsection* diantara 0-2; dan 5 *subsection* di atas 2. Wilayah yang memenuhi standar pra-persyaratan penilaian SLL berada di sebagian zoning di Kelurahan Tawangmas dan Tawang Sari sedangkan zoning yang berada di pusat jalan utama belum memenuhi standar pra-persyaratan tersebut. Hal ini menunjukkan masih rendahnya kinerja fisik lingkungan dan bangunan di kawasan dalam mencapai pembangunan berkelanjutan. Sebagian besar variabel dalam penilaian SLL ini mempunyai nilai yang rendah, terutama variabel PR1 *Smart Location* dan PR5 *Flood Avoidance* mendominasi kontribusi terhadap rendahnya penilaian SLL di wilayah Semarang Barat sehingga diperlukan perhatian penting dalam mencapai standar minimum pembangunan berkelanjutan.

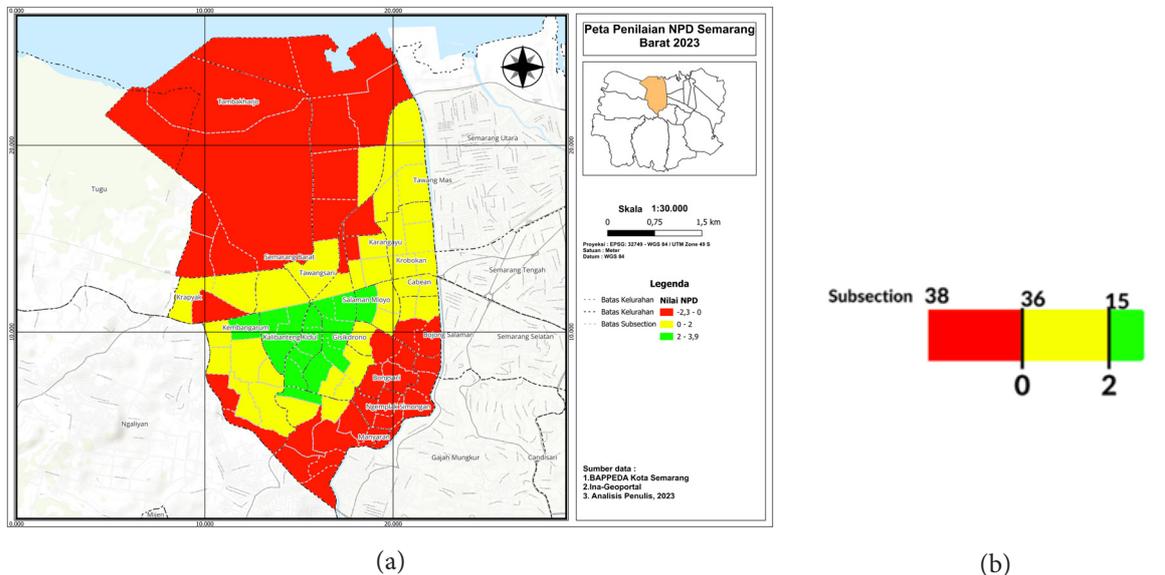
Fungsi dari variabel PR1 *Smart Location* sebagai pendorong pembangunan di dalam dan di sekitar komunitas yang memiliki infrastruktur angkutan umum sehingga dapat mengurangi perjalanan kendaraan dan jarak tempuh kendaraan. Selain itu, variabel ini menjadi faktor pendorong



Gambar 9. Subsection Wilayah Studi Semarang Barat (Sumber: Analisis Penulis, 2023)



Gambar 10. (a) Penilaian LEED SLL Semarang Barat, (b) Diagram Hasil Pengolahan Variabel Penilaian LEED, (c) Diagram Jumlah Subsection Penilaian LEED SLL (Sumber: Analisis Penulis, 2023)



Gambar 11. (a) Penilaian LEED NPD Semarang Barat, (b) Diagram Jumlah Subsection Penilaian LEED SLL (Sumber: Analisis Penulis, 2023)

perbaikan dan pembangunan kembali kota-kota, pinggiran kota, dan kota-kota kecil yang ada dengan membatasi perluasan jejak pembangunan di wilayah tersebut. Pada faktor kesehatan, variabel ini dapat mendorong aktivitas fisik sehari-hari yang berhubungan dengan berjalan kaki dan bersepeda (USGBC-a, 2014; USGBC-b, 2014). Strategi dalam menangani variabel PR1 *Smart Location* dapat dilakukan dengan penyediaan jalur sepeda dan fasilitas parkir sepeda sebagai bentuk peningkatan faktor kesehatan masyarakat, dimana utilitas ini belum dimiliki di Kecamatan Semarang Barat. Pada penelitian (Pedro et al., 2018), strategi yang dapat dilakukan dengan adanya penambahan fasilitas transit transportasi umum untuk meningkatkan jangkauan pelayanannya dikarenakan terdapat beberapa daerah yang belum terjangkau halte di Kecamatan Semarang Barat. Kemudian, untuk variabel PR5 *Flood Avoidance* pada penelitian sebelumnya oleh (Pedro et al., 2018) di Kota Lisbon dengan mempertimbangkan strategi yang dapat dilakukan untuk mencapai pra-persyaratan LEED dengan meningkatkan dan memperluas infrastruktur drainase dan meningkatkan jumlah fasilitas darurat (misalnya rumah sakit, pemadam kebakaran, polisi) sehingga dapat meminimalisir terjadinya timbulnya bencana banjir. (4)

Selanjutnya, Kecamatan Semarang Barat memiliki drajat NPD penilaian LEED dengan jumlah 38 subsection dibawah 0; 36 subsection diantara 0-2; dan 15 subsection di atas 2. Wilayah yang memenuhi standar pra-persyaratan penilaian SLL berada di sebagian zoning di Kelurahan Kalibanteng Kidul, Kalibanteng Kulon, Gisikdrono, dan Salaman Mloyo sedangkan zoning yang berada di utara dengan penggunaan lahannya yaitu bandara dan selatan belum memenuhi standar pra-persyaratan tersebut. Meskipun memiliki rasio angka yang lebih tinggi dibandingkan penilaian SLL tetapi masih memiliki tingkat keberlanjutan yang rendah. Hal ini dikarenakan variabel PR6 *Walkable Street* dan PR7 *Compact Development* memiliki tingkat yang cukup rendah sehingga menjadi fokus perhatian dalam melaksanakan pembangunan berkelanjutan di masa depan. Fungsi dari variabel PR6 *Walkable Street* sebagai peningkatan efisiensi transportasi dan mengurangi jarak tempuh kendaraan sehingga dapat meningkatkan kesehatan masyarakat dengan menyediakan lingkungan jalan yang aman, menarik, nyaman, mendorong

aktivitas fisik sehari-hari, dan menghindari cedera pejalan kaki. Fungsi dari variabel PR7 *Compact Development* dapat meningkatkan kelayakan huni, kemudahan berjalan kaki, dan efisiensi transportasi serta mengurangi jarak tempuh kendaraan sehingga meningkatkan kesehatan masyarakat dengan mendorong aktivitas fisik sehari-hari (USGBC-a, 2014; USGBC-b, 2014).

Kondisi keberlanjutan Kecamatan Semarang Barat memerlukan strategi pembangunan kembali dengan mendorong kawasan perkotaan yang lebih kompak dan memadukan kawasan hunian dan non hunian dengan menargetkan kawasan dengan kinerja rendah sebagaimana yang dijelaskan pada penelitian sebelumnya oleh (Pedro et al., 2018), dimana strategi ini dapat dicapai melalui peningkatan kepadatan bangunan, keberagaman pengguna, dan aksesibilitas transportasi umum. Dengan demikian, perlu menjadi perhatian khusus pada perencanaan pembangunan berdasarkan tingkat variabel tersebut untuk mencapai standar pra-persyaratan penilaian LEED untuk keberlanjutan di Kecamatan Semarang Barat. (4)

KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran *mixed-use* di Kota Semarang, didapatkan hasil bahwa memiliki tingkat *mixed-use* yang mayoritas bernilai sedang hingga tinggi. Hal ini didasarkan oleh kedekatan dan juga distribusi spasial dari penggunaan lahan (3), adapun untuk penilaian keberlanjutan dari *mixed-use* yang didasarkan penilaian LEED (sebuah alat untuk mengukur kualitas keberlanjutan terhadap lingkungan dalam lingkup bangunan menuju komunitas) dengan mengambil satu wilayah mikro dengan derajat *mixed use* paling tinggi yaitu Kecamatan Semarang Barat. Menunjukkan bahwa Kecamatan Semarang Barat memiliki nilai keberlanjutan yang cukup rendah pada aspek SLL dan NPD, dimana aspek ini menjadi pra-persyaratan penilaian LEED dalam penelitian ini. Setelah dilakukannya penilaian aspek SLL, Kecamatan Semarang Barat memerlukan perhatian khusus berada pada variabel PR1 *Smart Location*. Pada penilaian aspek NPD, Kecamatan Semarang Barat juga masih belum mampu untuk memenuhi standar pra-persyaratan khususnya pada variabel PR6 *Walkable Street* dan PR 8 *Connected and Open Community*. Hal

ini sejalan dengan dokumen USGBC-a, (2014) dan USGBC-b, (2014) bahwa pemenuhan pra-persyaratan harus dipenuhi untuk mencapai keberlanjutan dari kondisi Semarang Barat. Dengan demikian, dalam kasus Kecamatan Semarang Barat, pola pergerakan manusia dan moda transportasi menjadi komponen penting dalam mencapai standar pra-persyaratan penilaian LEED. Secara keseluruhan, unsur pergerakan menjadi perhatian khusus dalam perencanaan pembangunan di Kecamatan Semarang Barat untuk mencapai standar pra-persyaratan LEED dalam pembangunan berkelanjutan di wilayah tersebut. (3)

Penilaian dari LEED yang dilakukan pada penelitian ini berbasiskan data sekunder untuk melihat bagaimana kondisi fisik dari Semarang Barat mampu memenuhi pra-persyaratan penilaian LEED tersebut. Data sekunder memiliki batasan terhadap keterbaruan data yang tersedia saat ini sehingga menjadi rekomendasi pada penelitian selanjutnya untuk mendapatkan data yang lebih terbaru mengingat detail dari masing-masing variabel dan sub-variabel penilaian LEED berpengaruh besar pada hasil nilai skoring pada pra-persyaratan penilaian LEED. Oleh karena itu, perlu adanya data primer pada peneliti untuk melakukan survei secara langsung melihat kondisi fisik di wilayah yang akan dijadikan sebagai tujuan penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan penelitian ini serta kepada Majalah Geografi Indonesia yang telah memberi kesempatan untuk mempublikasikan artikel ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama mendesain ide dan metode penelitian, dan membuat naskah publikasi, dan monitoring evaluasi; **Penulis Kedua** melakukan analisis data, penulisan naskah penelitian, mengolah data citra, dan membuat peta.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullahi, S., Pradhan, B., Mansor, S., & Shariff, A. R. M. (2015). GIS-based modeling for the spatial measurement and evaluation of mixed land use development for a compact city. *GIScience and Remote Sensing*, 52(1), 18–39. <https://doi.org/10.1080/15481603.2014.993854>

Alberti, M., Booth, D., Hill, K., Coburn, B., Avolio, C., Coe, S., & Spirandelli, D. (2007). The impact of urban patterns on aquatic ecosystems: An empirical analysis in Puget lowland sub-basins. *Landscape and Urban Planning*, 80(4), 345–361. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.08.001>

Badan Pusat Statistik. (2023). *Kota Semarang Dalam Angka 2023*.

Băneș, A., Orboi, M.-D., Monea, A., & Monea, M. (2010). Sustainable Development by GIS. *Research Journal of Agricultural Science*, 42(3), 2010.

Bedrunka, K. (2020). Concepts of the sustainable development of the region. In *Studies in Systems, Decision and Control* (Vol. 198). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11274-5_2

Berardi, U. (2015). Sustainability assessments of buildings, communities, and cities. In *Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-799968-5.00015-4>

Burton, E. (2000). The compact city: just or just compact? A preliminary analysis. *Urban Studies*, 37(11), 1969–2006.

Campagna, M. (2006). *GIS for Sustainable Development*. CRC Press Taylor & Francis Group.

Crompton, P., & Wu, Y. (2005). Energy consumption in China: Past trends and future directions. *Energy Economics*, 27(1), 195–208. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2004.10.006>

Devuyst, D. (2000). Linking impact assessment and sustainable development at the local level: The introduction of sustainability assessment systems. *Sustainable Development*, 8(2), 67–78. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1719\(200005\)8:2<67::AID-SD131>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1719(200005)8:2<67::AID-SD131>3.0.CO;2-X)

Ekowati, M. A. S., Nindyatama, Z. P., & Siagian, R. E. S. (2022). Google Maps API Dalam Perancangan Sistem Informasi Geografis (SIG) Pemetaan Batas Wilayah Universitas Kristen Surakarta. *JITU: Journal Informatic Technology And Communication*, 6(1), 31–42. <https://ejournal.uby.ac.id/index.php/jitu/article/view/787>

Elnokaly, A., & Vyas, M. (2016). A Cross Case Investigation of Sustainability Assessment tools of the LEED, BREEAM and GRIHA.

Goubran, S., Walker, T., Cucuzzella, C., & Schwartz, T. (2022). LEED's Contribution to the United Nations' Sustainable Development Goals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1026(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1026/1/012059>

Grant, J. (2002). Mixed use in theory and practice: Canadian experience with implementing a planning principle. *Journal of the American Planning Association*, 68(1), 71–84. <https://doi.org/10.1080/01944360208977192>

Hoppenbrouwer, E., & Louw, E. (2005). Mixed-use development: Theory and practice in Amsterdam's Eastern Docklands. *European Planning Studies*, 13(7), 967–983. <https://doi.org/10.1080/09654310500242048>

Khatibi, M., Khaidzir, K. A. M., & Syed Mahdzar, S. S. (2023). Measuring the sustainability of neighborhoods: A systematic literature review. *IScience*, 26(2), 105951. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.105951>

Mujiandari, R. (2014). Perkembangan Urban Sprawl Kota Semarang pada Wilayah Kabupaten Demak Tahun 2001-2012. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 2(2), 129. <https://doi.org/10.14710/jwl.2.2.129-142>

O'Driscoll, C., Crowley, F., Doran, J., & McCarthy, N. (2023). Land-use mixing in Irish cities: Implications for sustainable development. *Land Use Policy*, 128(August 2022). <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106615>

Otepka, J., Ghuffar, S., Waldhauser, C., Hochreiter, R., & Pfeifer, N. (2013). Georeferenced point clouds: A survey of features and point cloud management. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(4), 1038–1065. <https://doi.org/10.3390/ijgi2041038>

Pedro, J., Silva, C., & Pinheiro, M. D. (2018). Scaling up LEED-ND sustainability assessment from the neighborhood towards the city scale with the support of GIS modeling: Lisbon case study. *Sustainable Cities and Society*, 41(May 2017), 929–939. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.09.015>

Rohde, S., Hostmann, M., Peter, A., & Ewald, K. (2006). Room for Rivers: An Integrative Search Strategy for Floodplain Restoration. *Landscape and Urban Planning*, 78, 50–70. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.05.006>

Salami, S. F., Isah, A. D., & Muhammad, I. B. (2021). Critical indicators of sustainability for mixed-use buildings in Lagos, Nigeria. *Environmental and Sustainability Indicators*, 9(December 2020), 100101. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100101>

Segnita, A., & Handayani, W. (2017). Pengukuran Penggunaan Lahan Campuran (Mixed Use) Dengan Indeks Entropy Di Kota Semarang. *Riptek*, II(2), 135–150.

Sierra Sonae. (2023). *Signal Capital and Sonae Sierra develop República 5, a mixed-use project in Lisbon*. <https://www.sonaesierra.com/news-press-releases-posts/signal-capital-and-sonae-sierra-develop-republica-5-a-mixed-use-project-in-lisbon/>

- Smith, R. M. (2014). *International Journal of Urban Sustainable Planning for urban sustainability: the geography of LEED - Neighborhood Development (LEED - ND) projects in the United States*. 37-41. <https://doi.org/10.1080/19463138.2014.971802>
- Tang, J., Wang, L., & Yao, Z. (2006). Analyzing urban sprawl spatial fragmentation using multi-temporal satellite images. *GIScience and Remote Sensing*, 43(3), 218-232. <https://doi.org/10.2747/1548-1603.43.3.218>
- Tayyebi, A., Pijanowski, B. C., & Tayyebi, A. H. (2011). An urban growth boundary model using neural networks, GIS and radial parameterization: An application to Tehran, Iran. *Landscape and Urban Planning*, 100(1-2), 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.10.007>
- USGBC-a. (2014). *LEED Reference Guide for Neighborhood Development*.
- USGBC-b. (2014). *LEED for Neighborhood Development, ballot version, v4*.
- Visser, W., & Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future ('The Brundtland Report'): World Commission on Environment and Development. *The Top 50 Sustainability Books*, 52-55. https://doi.org/10.9774/gleaf.978-1-907643-44-6_12
- Yusoff, M. M. (2020). Improving the quality of life for sustainable development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 561(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/561/1/012020>