

Geomedia

Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian

Geomedia Vol. 21 No. 1 Tahun 2023 | 62-74

<https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>

Spatial multi criteria evaluation sebagai pemodelan spasial untuk kesesuaian pengembangan kawasan permukiman di Bogor Raya

Marhensa Aditya Hadi^{a, 1*}, Niken Anissa Putri^{a, 2}, Yuny Fikriyah Shofy^{a, 3}, Dewi Gafuraningtyas^{a, 4}, Adi Wibowo^{b, 5}

^a Magister Ilmu Geografi, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat, Indonesia

^b Departemen Geografi, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat, Indonesia

¹ marhensa.aditya@ui.ac.id*; ² niken.anissa@ui.ac.id; ³ yuny.fikriyah@ui.ac.id; ⁴ dewi.gafuraningtyas@ui.ac.id;

⁵ adi.w@sci.ui.ac.id

*korespondensi penulis

Informasi artikel

Sejarah artikel

Diterima : 15 Desember 2022

Revisi : 26 Mei 2023

Dipublikasikan : 31 Mei 2021

Kata kunci:

Kesesuaian lahan

SMCA

SMCE

Kawasan Permukiman

Bogor Raya

ABSTRAK

Meningkatnya aktivitas antropogenik di suatu wilayah menyebabkan perubahan pada penggunaan lahan. Penggunaan lahan yang tidak memperhatikan kondisi fisik dan perencanaan yang matang dapat memicu terjadinya bencana dan dampak negatif lainnya. Oleh sebab itu, penentuan dan perencanaan penggunaan lahan yang sesuai peruntukannya perlu dilakukan secara tepat dan terukur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian pengembangan kawasan permukiman. Metode *Spatial Multicriteria Analysis (SMCA)* dan *Spatial Multicriteria Evaluation (SMCE)* dapat membantu menentukan perencanaan kawasan salah satunya dalam studi kasus ini adalah pengembangan permukiman. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan masukan dan rekomendasi akademis mengenai lokasi yang dapat diubah peruntukannya menjadi kawasan permukiman pada revisi tata ruang. Bogor Raya tidak mengalami penambahan penduduk yang signifikan sehingga kebutuhan mengenai lahan permukiman bukan menjadi hal yang mendesak, namun jika diperlukan pengembangan kawasan permukiman, didapatkan bahwa masih cukup banyak lokasi sesuai untuk digunakan sebagai permukiman, sebesar 42,4% dari Bogor Raya tergolong Sesuai, dan 25,8% tergolong Sangat Sesuai, dibandingkan peruntukan dalam rencana tata ruang yang dialokasikan sebesar 36,3% sebagai permukiman.

ABSTRACT

The increase of anthropogenic activity in an area causes changes in land use. Land use without considering the physical conditions and careful planning could eventually trigger disasters and other negative impacts. Therefore, land use determination and planning suitable for its designation are required precisely and measurably. This study aims to analyze the suitability of development of residential areas. Spatial Multicriteria Analysis (SMCA) and Spatial Multicriteria Evaluation (SMCE) methods are able to determine various types of regional planning. By using these methods, residential development based on measurable technical and academic criteria are discussed in this study. The results of this study could be used as academic input and recommendations for locations which could be converted into residential areas in the spatial planning evaluation. Bogor Raya did not experience a significant rise, so the need for residential areas is not urgent. In the case of any necessary residential area development, there are still quite a number of locations available for use as residents, 42.4% of Bogor Raya are classified as suitable, and 25.8% are classified as very suitable compared to its designation in spatial planning allocated as much as 36.3% for residential area.

Keywords:

Land Suitability

SMCA

SMCE

Residential Area

Bogor Raya

Pendahuluan

Analisis kesesuaian lahan merupakan salah satu aspek yang sangat penting untuk melihat perencanaan penggunaan lahan. Fenomena penggunaan lahan berkaitan langsung dengan aktivitas manusia yang dapat mengakibatkan perubahan tutupan lahan serta dampak lingkungan yang serius bila tidak dikelola dengan baik (Ullah and Mansourian, 2016). Dengan semakin bertambahnya populasi dan kebutuhan ruang manusia, metode yang umum dilakukan untuk mengelola kepentingan aktivitas manusia dan lingkungan adalah pembuatan klasifikasi lahan menurut aktivitas manusia. Pembangunan infrastruktur, urbanisasi, industrialisasi, dan pertanian merupakan klasifikasi penggunaan lahan yang perlu diperhatikan dengan komposisi masing-masing untuk menjaga keseimbangan ekologi dan aktivitas manusia di suatu wilayah (Ferretti and Pomarico, 2013).

Evaluasi untuk menilai optimalisasi lahan sebagai acuan perencanaan dapat ditempuh melalui pengetahuan karakteristik distribusi spasial dan faktor yang mempengaruhinya, evolusi tata ruang dan penyebabnya, serta evaluasi kesesuaian wilayah permukiman sebagai pusat kegiatan manusia (Guo et al., 2020). Evaluasi kesesuaian lahan menjadi tahap utama dalam penilaian ini sebagai sarana melihat penggunaan lahan di suatu wilayah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh FAO (1996). Pendekatan yang umum dilakukan dalam analisis optimalisasi dan kesesuaian adalah metode *Spatial multicriteria analysis* (SMCA) dimana digunakan beberapa indikator secara simultan untuk mencapai tujuan tertentu (Boggia et al., 2018). Metode ini kemudian berkembang dan menghasilkan *Spatial multicriteria evaluation* (SMCE) yang merupakan metode dalam proses pengambilan keputusan dalam perencanaan wilayah yang menggunakan model simulasi dengan beberapa kriteria dan faktor (Wibowo & Semedi, 2011). Penggunaan kombinasi metode *Spatial multicriteria analysis* (SMCA) dan *Spatial multicriteria evaluation* (SMCE) sudah terbukti dapat menganalisis kesesuaian ini dengan memanfaatkan aplikasi sistem informasi geografis (GIS) dalam berbagai studi (Ferretti and Pomarico, 2013). Metode ini melibatkan integrasi data, berbagai jenis informasi (jenis tanah, kemiringan lereng, infrastruktur) dan komponen spasial lainnya dengan visualisasi yang baik.

Sebagai akibat dari aktivitas ekonomi di Jakarta, Bogor Raya menjadi bagian dari kota penyangga yang mengalami perambatan perkotaan. Di saat terjadinya perambatan perkotaan yang tidak terkontrol terjadilah penurunan efisiensi penggunaan lahan dalam menampung pertumbuhan penduduk, industri, perkembangan perumahan, dan aktivitas komersial (Hidayat and Ridwan, 2018). Perencanaan pengembangan kota yang tidak terencana dengan baik, yang tidak didasari oleh analisis dan perhitungan yang terukur dalam menarik garis-garis area deliniasi peruntukan kawasan-kawasannya dapat menjadikan keberlanjutan lingkungan yang kurang optimal, perkembangan *urban sprawl* yang tidak terkontrol, kemacetan, krisis infrastruktur, dan resiko bencana. Oleh sebab itu, perencanaan dan penentuan suatu kawasan perlu dilakukan dengan mengaplikasikan analisis kesesuaian lahan yang memperhatikan berbagai aspek baik aspek fisik wilayah, kebencanaan, fasilitas umum dan infrastruktur, transportasi, dan aspek lainnya yang salah tujuannya menghindari terjadinya pembangunan yang tidak terencana dengan baik.

Analisis kesesuaian lokasi permukiman di Bogor Raya pada penelitian ini menggunakan SMCA dan SMCE sebagai metode utama. Variabel yang digunakan mengacu pada karakteristik lokasi dan kesesuaian lahan seperti lereng, jenis tanah, curah hujan, rawan bencana, tutupan lahan eksisting, dan beberapa faktor lainnya.

Metode

Lokasi kajian ini berlokasi pada dua Wilayah Kabupaten/Kota, yaitu Bogor Raya terletak pada koordinat 6° 18' LS – 6° 47' LS dan antara 106° 24' – 107° 13' BT. Meliputi Kota Bogor dengan luas sebesar 111 km² dan Kabupaten Bogor dengan luas 2.990 km² (Gambar 1). Kota Bogor berlokasi tepat di tengah dikelilingi Kabupaten Bogor dengan jumlah kecamatan masing-masing adalah 6 kecamatan dan 40 kecamatan. Pertumbuhan penduduk sebesar 1,5% berdasarkan data BPS tahun 2011-2019. Kabupaten Bogor menunjukkan 66,9% peningkatan luas area terbangun dalam periode 2008-2016 (Wilza and Rustiadi, 2022).

Penelitian deskriptif kuantitatif ini menggunakan SMCA dan SMCE berdasarkan kriteria dan pedoman kesesuaian lahan untuk permukiman yang diperoleh dari berbagai

referensi dengan kebijakan yang ada, penggunaan dan pengolahan data didukung oleh teori-teori dan sumber rujukan terkait.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa variabel untuk menentukan kesesuaian pengembangan kawasan permukiman. Utamanya terbagi menjadi tiga bagian, yaitu 1) variabel faktor Fisik Alam yang meliputi kondisi fisik wilayah dari segi lereng, jenis tanah, curah hujan, kerawanan bencana, dan tutupan lahan eksisting, 2) variabel Faktor Urban yang meliputi jarak lokasi dari permukiman eksisting, jarak dari fasilitas dan infrastruktur transportasi, dan jarak dari pusat kegiatan perkotaan setempat, serta 3) variabel Constraint sebagai pembatas lokasi yang tidak boleh digunakan untuk permukiman.

Data sekunder berasal dari instansi pemerintah yang menangani informasi geospasial dasar dan tematik tertentu, dan juga sumber lain yang dapat diakses secara publik, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Penggunaan SMCA dan SMCE memerlukan sebuah *expert judgment* dalam menentukan skor kepentingan antar kelas dalam satu variabel/peta terhadap tujuan yang ingin dicapai. Diberikan skor 1-5 sebagai klasifikasi dari tiap variabel / peta yang merepresentasikan kepentingannya terhadap tujuan tertentu, sebagai contoh kelas lereng rendah diberikan nilai 5, dan lereng curam hanya diberikan nilai 1, karena semakin curam maka semakin susah dikembangkan untuk permukiman.

Disamping penentuan skor dalam variabel, dilakukan pula pembobotan antar variabel, hal ini guna memberikan gambaran perbandingan kepentingan antar variabel dalam menentukan tujuan kesesuaian lahan untuk permukiman.

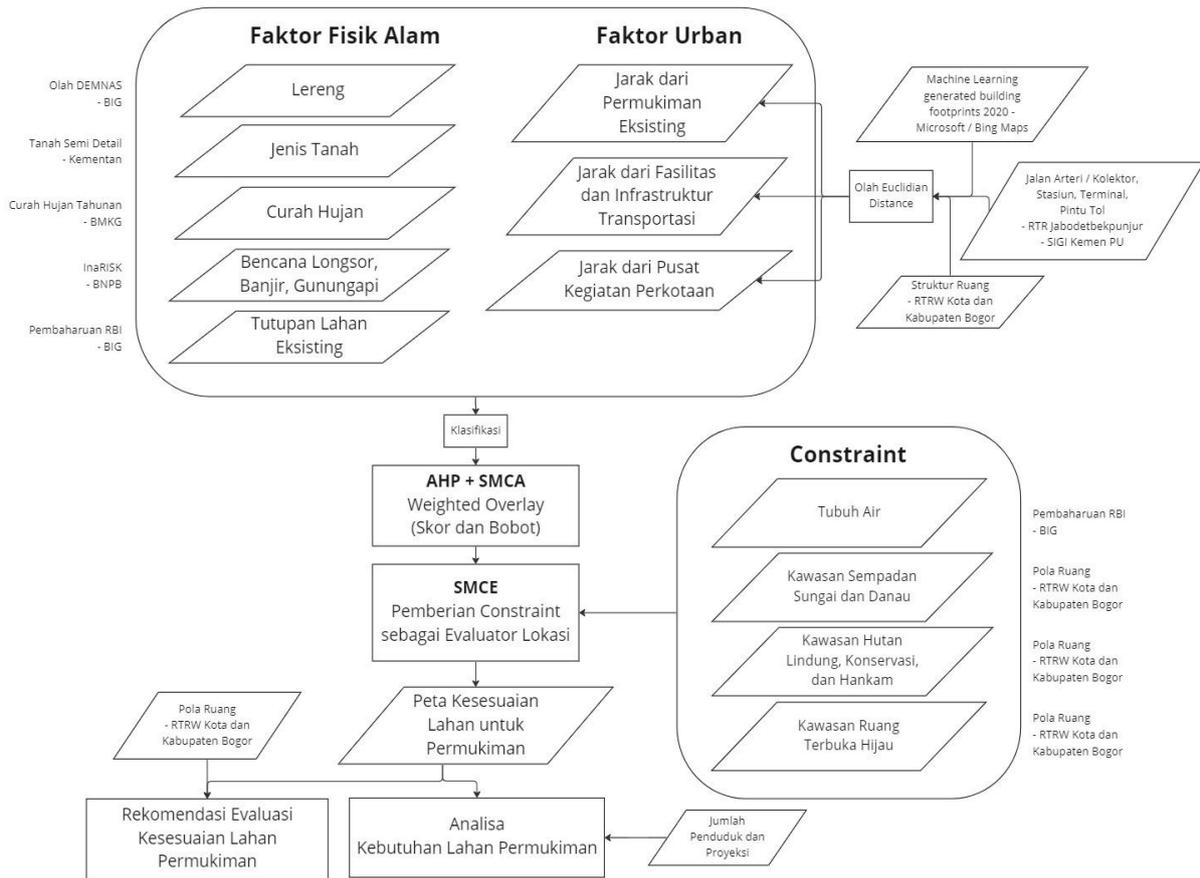
Penelitian ini memanfaatkan *analytical hierarchy process* (AHP) dalam proses perbandingan bobot antar variabel untuk meminimalisir bias kecenderungan dan *human error*.

Tabel 1. Data dan Sumber

Data	Bentuk	Sumber
Lereng	Raster	Olah DEMNAS BIG
Jenis Tanah	Vektor	Kementan
Curah Hujan	Vektor	BMKG
Indeks Bahaya Bencana	Image Service	BNPB
Batas Administrasi	Vektor	BIG
Tutupan Lahan	Vektor	Pemerintah Daerah & BIG
Tapak Bangunan	Vektor	Microsoft, Bing, GitHub
Jaringan Jalan	Vektor	BIG
Lokasi Stasiun, Terminal	Vektor	RTR Jabodetabekpunjur Kemen ATR/BPN
Lokasi Pintu Tol	Vektor	SIGI, Kemen PUPR
Hirarki Struktur Perkotaan	Vektor	Pemerintah Daerah, RTRW Kota dan Kab. Bogor
Tubuh Air	Vektor	BIG
Pola Ruang	Vektor	GISTARU, Kementerian ATR/BPN

Nilai skor pada klasifikasi variabel / peta dan bobot antar variabel akan memunculkan skala prioritas kecenderungan lokasi-lokasi yang sesuai untuk pengembangan permukiman, dan kemudian dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui proses *Weighted Overlay* dilakukan pengolahan spasial dari skala prioritas tersebut. Kemudian, SMCE sebagai evaluator menambahkan posisi lokasi yang dilarang untuk dikembangkan sebagai permukiman. Detail tergambar pada Gambar 2.

Hasil dari proses ini menghasilkan peta kesesuaian lahan untuk pengembangan permukiman, dengan 5 klasifikasi yaitu Sangat Sesuai, Sesuai, Cukup Sesuai, Tidak Sesuai dan Sangat Tidak Sesuai. Dalam pengolahan SIG kemudian dilakukan perbandingan lokasi-lokasi yang dianggap sesuai untuk permukiman terhadap pola ruang rencana tata ruang baik RTRW Kota Bogor (Perda No. 08 Tahun 2011) maupun RTRW Kabupaten Bogor (Perda No. 11 tahun 2016) yang sedang berlaku, disusun matriks dan pengolahan untuk membahas hal ini.



Gambar 2. Diagram Penelitian

Hasil dan pembahasan

1. Faktor Fisik Alam

A. Kelerengan

Lereng merupakan salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kesesuaian lahan untuk suatu tujuan tertentu. Lereng dapat mempengaruhi kesesuaian lahan tersebut dalam beberapa hal diantaranya, 1) kestabilan lahan: lereng yang curam dapat menyebabkan kestabilan lahan menjadi tidak baik sehingga tidak cocok untuk ditetapkan sebagai wilayah permukiman, 2) keamanan: lereng yang curam akan mudah menyebabkan terjadinya longsor, 3) lingkungan: lereng yang curam dapat mempengaruhi kualitas air dan udara di sekitar lokasi, 4) penggunaan lahan: lereng yang curam akan membatasi penggunaan lahan untuk kegiatan tertentu, seperti pertanian dan permukiman. Berdasarkan Permen PU Nomor: 41/PRT/M/2007 tentang Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budaya dan dengan

penyesuaian dari KEPPRES No. 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung bahwa kawasan hutan ditetapkan dengan tingkat kelerengan 40% atau lebih. Pengkategorian kelas lereng dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

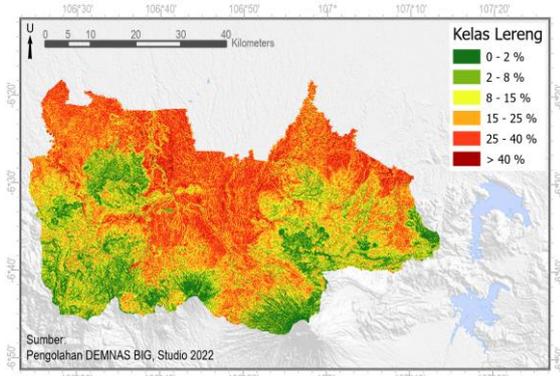
Tabel 2. Klasifikasi Lereng

Lereng (%)	Klasifikasi	Skor
0 - 8	Datar (Sangat Sesuai)	5
8 - 15	Landai (Sesuai)	4
15 - 25	Agak Curam (Cukup Sesuai)	3
25 - 40	Curam (Tidak Sesuai)	2
>40	Sangat Curam (Sangat Tidak Sesuai)	1

Sumber: Permen PU 41/PRT/M/2007 dengan penyesuaian

Kategori lereng yang dapat ditetapkan sebagai lahan permukiman adalah pada lereng <25%. Pada kemiringan 25-40% apabila mengacu pada Permen PU NO. 41/PRT/M/2007 dapat ditetapkan sebagai lahan permukiman apabila menggunakan rekayasa teknis dan

dikaji secara lebih lanjut. Sedangkan pada kelerengan >40% ditetapkan sebagai kawasan lindung dan tidak diperkenankan untuk digunakan sebagai kawasan budidaya apapun.

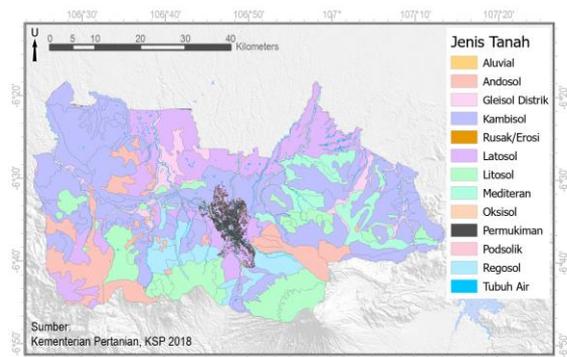


Gambar 3. Lereng di Bogor Raya

B. Jenis Tanah

Wilayah Indonesia yang beriklim tropis basah memiliki jenis tanah yang dipengaruhi oleh erosi dari tenaga air dengan pengaruh erodibilitas yang tinggi (Ashari, 2013). Erodibilitas sendiri merupakan suatu tingkat sensitivitas atau kepekaan terhadap air. Hal ini berarti semakin tinggi kepekaan suatu tanah, maka semakin mudah pula tanah tersebut tererosi. Sensitivitas ini sangat dipengaruhi oleh sifat fisik, hidrologi, kimia, reologi, mineralogi, biologi, dan karakteristik tanah yang ada didalamnya (Dariah et al., 2002).

Permukiman sendiri membutuhkan jenis tanah dengan permeabilitas sedang dan karakteristik sifat tanah yang sedang hingga rendah serta sangat bergantung pada kemampuan tanah dalam meresapkan dan menahan air (Soediono, 1989). Seperti terlihat pada Gambar 4, Bogor Raya sendiri didominasi oleh jenis tanah Latosol dan Kambisol. Tanah Latosol merupakan jenis tanah yang cocok untuk agrikultur atau budidaya (Saptiningsih and Haryanti, 2015), sedangkan Kambisol yang termasuk dalam taksonomi Inseptisol atau tanah yang sejuk sampai sangat hangat, lembab dan daerah *subhumid* dan yang memiliki horison kambik dan epipedon ochric (FAO, 2015). Klasifikasi jenis tanah yang digunakan penelitian ini mengacu pada Permen Kementerian Pertanian No. 837/Kpts/Um/11/1980 dengan modifikasi dari berbagai referensi yang dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 4. Jenis Tanah di Bogor Raya

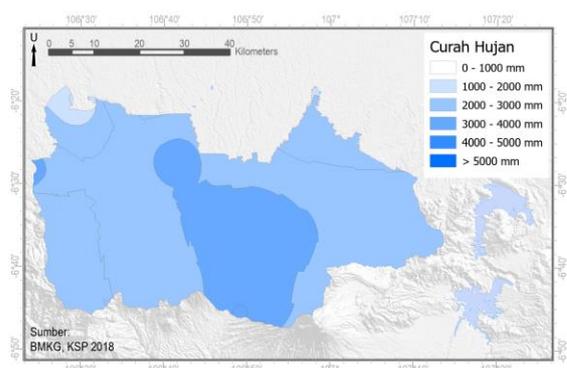
Tabel 3. Klasifikasi Jenis Tanah

Jenis Tanah	Klasifikasi	Skor
Aluvial, Gleisol, Tubuh Air, Permukiman	Tidak peka (Sangat Sesuai)	5
Latosol, Kambisol	Agak peka (Sesuai)	4
Brown Forest Soil, Non Calcic Brown, Mediteran	Kurang peka (Cukup Sesuai)	3
Andosol, Laterit, Grumosol, Podsol, Podsolik, Oksisol	Peka (Tidak Sesuai)	2
Regosol, Litosol, Organosol, Renzina, Lahan Rusak	Sangat peka (Sangat Tdk Sesuai)	1

Sumber: Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 837/Kpts/Um/11/1980 dengan penyesuaian

C. Curah Hujan

Identifikasi tinggi dan rendahnya intensitas curah hujan digunakan untuk mengetahui potensi longsor dan banjir serta asumsi terkait ketersediaan air bersih. Nilai intensitas hujan yang semakin rendah akan cenderung panas dan kekurangan air bersih dalam suatu permukiman, dan sebaliknya nilai intensitas hujan yang semakin tinggi akan berpotensi longsor, banjir serta bencana alam lainnya di wilayah permukiman. Nilai curah hujan sedang diberikan nilai yang tertinggi.



Gambar 5. Curah Hujan di Bogor Raya

Intensitas curah hujan menunjukkan banyaknya curah hujan persatuan waktu. Nilai intensitas curah hujan Sedang sebesar 2.000 - 3.000 sebagai curah hujan yang sesuai untuk permukiman dengan skor 5. Nilai intensitas curah hujan tahunan yang terendah yakni 0 - 1000 mm/tahun, dimana klasifikasi sangat tidak sesuai untuk permukiman dengan skor 1. Nilai intensitas curah hujan tahunan yang tertinggi yaitu >4000 mm/tahun dengan klasifikasi curah hujan yang tidak sesuai untuk permukiman dan nilai skor 2 (Gambar 5).

Tabel 4. Klasifikasi Curah Hujan

Curah hujan (mm/tahun)	Klasifikasi	Skor
0 – 1.000	CH Sangat Rendah (Sangat Tidak Sesuai)	1
1.000 – 2.000	CH Rendah (Sesuai)	4
2.000 – 3.000	CH Sedang (Sangat Sesuai)	5
3.000 – 4.000	CH Tinggi (Cukup Sesuai)	3
> 4.000	CH Sangat Tinggi (Tidak Sesuai)	2

Sumber: (Kusumaningtyas & Chofyan, 2013; Try, 2019; Setiawan, 2021) dengan modifikasi

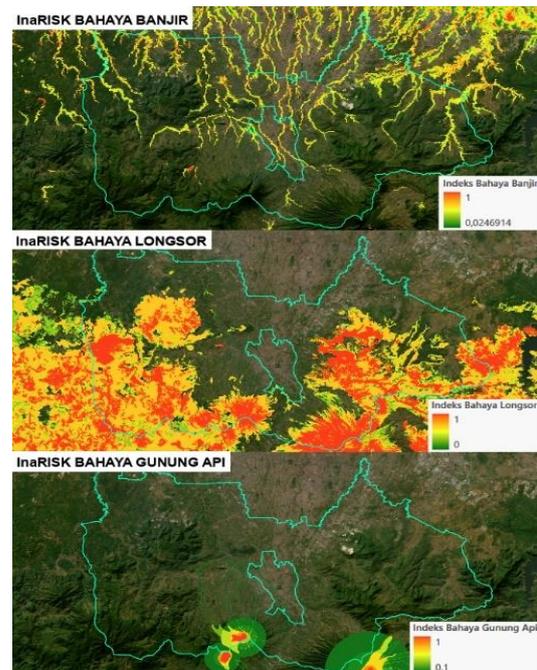
D. Bencana

Bogor Raya memiliki bahaya bencana tanah longsor, banjir, dan juga gunung api. Bahaya ini terdapat di sepanjang sungai-sungai besar untuk banjir, sekitar gunung untuk gunung api, dan daerah curam dan tanah yang peka untuk longsor.

Faktor-faktor penyebab terjadinya bencana tanah longsor adalah kemiringan lereng dan curah hujan. Bogor Raya memiliki banyak lokasi dengan tingkat kemiringan lereng yang curam dan curah hujan yang tinggi, maka akan terjadi pergerakan tanah di daerah tersebut. Tanah di daerah atau tempat tersebut akan terus bergerak ke tempat yang lebih rendah.

BNPB memiliki publikasi InaRISK berupa akses image *map service* peta Indeks Bahaya, yang disusun berdasarkan ketentuan dan metode yang ada pada Perkab BNPB No. 2 Tahun 2012, indeks ini dikeluarkan per tema kebencanaan dan juga gabungan keseluruhan. Untuk tema bencana yang diambil dalam

penelitian ini adalah indeks bahaya 1) bencana banjir, 2) tanah longsor, dan 3) letusan gunung api seperti terlihat di Gambar 6.



Gambar 6. *Image Service* Indeks Bahaya InaRISK dari BNPB (*floating point* 0-1)

BNPB memiliki publikasi InaRISK berupa akses image *map service* peta Indeks Bahaya, yang disusun berdasarkan ketentuan dan metode yang ada pada Perkab BNPB No. 2 Tahun 2012, indeks ini dikeluarkan per tema kebencanaan dan juga gabungan keseluruhan. Untuk tema bencana yang diambil dalam penelitian ini adalah indeks bahaya 1) bencana banjir, 2) tanah longsor, dan 3) letusan gunung api seperti terlihat di Gambar 6.

Tabel 5. Klasifikasi Indeks Bahaya Bencana

Index	Klasifikasi	Skor
0 - 0,2	Sangat Sesuai	5
0,2 - 0,4	Sesuai	4
0,4 - 0,6	Cukup Sesuai	3
0,6 - 0,8	Tidak Sesuai	2
0,8 - 1	Sangat Tidak Sesuai	1

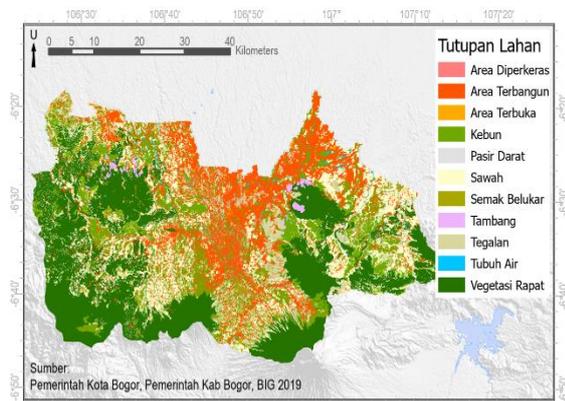
Sumber: Olah data Indeks Bahaya Bencana BNPB, dengan penyesuaian

Terlihat pada Tabel 5, merupakan olahan tiga jenis indeks bencana yang digabungkan dalam satu raster melalui raster calculator dan kemudian dibagi tiga kembali untuk tetap

menghasilkan rentang *floating* 0 hingga 1 seperti aslinya. Dari data *floating*, guna kesamaan pengolahan dengan variabel lainnya, kemudian diklasifikasikan ulang menjadi lima kelas untuk pengolahan SMCA ini.

E. Tutupan Lahan Eksisting

Pada Gambar 7, Bogor Raya didominasi oleh tutupan lahan Vegetasi Rapat, terutama pada Kabupaten Bogor yang membentang luas (104.869 Ha) utamanya pada daerah berbukit dan curam, klasifikasi ini mendominasi sebesar 33,8%. Selain itu terdapat Area Terbangun sebesar 20,5%, dan Sawah 18,6%. Klasifikasi dan skoring dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 7. Peta Tutupan Lahan di Bogor Raya

Tabel 6. Klasifikasi Tutupan Lahan Eksisting

Tutupan Lahan	Klasifikasi	Skor
Area Terbangun	Sangat Sesuai	5
Area Diperkeras, Area Terbuka / Tanah Kosong, Semak Belukar / Vegetasi Jarang	Sesuai	4
Tegalan / Ladang, Kebun / Kebun Campuran	Cukup Sesuai	3
Sawah, Vegetasi Rapat	Tidak Sesuai	2
Tubuh Air, Tambang, Pasir Darat	Sangat tidak sesuai	1

Sumber: Olah data Peta Tutupan Lahan 1:25.000 2019 dari updating Peta Dasar untuk Penyusunan RTRW melalui asistensi BIG

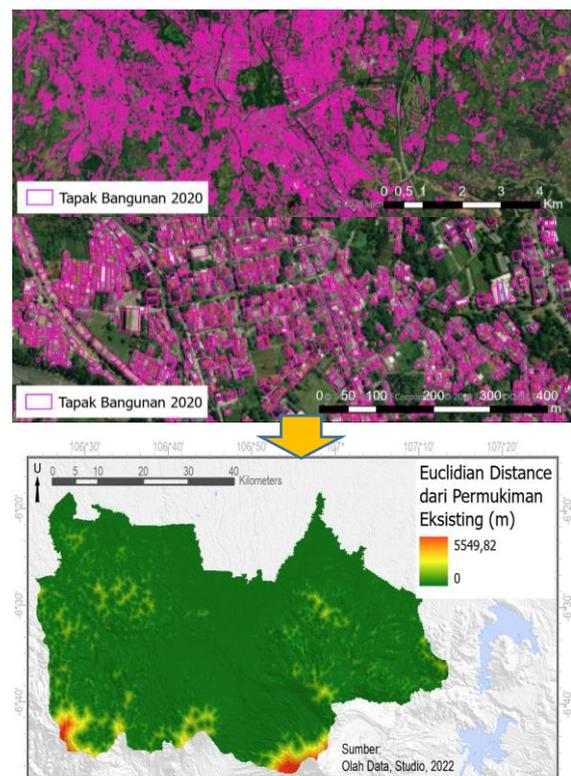
2. Faktor Perkotaan

A. Jarak dari Permukiman Eksisting

Lokasi yang berdekatan dengan permukiman eksisting, masih terlayani fasilitas umum yang sudah tersedia, tidak memerlukan

membuat pengembangan baru. Semakin dekat dengan permukiman eksisting maka lebih sedikit biaya yang dikeluarkan dalam sektor transportasi seperti penyediaan *feeder* atau transit atau jalan raya itu sendiri. Selain itu dengan mendekati permukiman yang sudah ada menghindari pembangunan *leapfrog* yang tidak baik.

Dalam pembuatannya, peta ini dibuat menggunakan identifikasi tapak bangunan seperti terlihat pada Gambar 8, sebagai representasi nyata lokasi-lokasi permukiman eksisting dan kegiatannya. Peta tapak bangunan Tahun 2020 ini didapatkan dari data olahan *machine learning* identifikasi dari citra satelit resolusi tinggi yang dipublikasikan oleh Microsoft melalui GitHub, peta ini mencakup seluruh Indonesia dan dipotong untuk keperluan penelitian pada area lokasi. Kemudian ini dilakukan proses Euclidean Distance untuk mendapatkan peta representasi nilai jarak pada tiap posisi piksel terhadap permukiman yang ada. Setelah itu peta jarak dari permukiman eksisting ini diklasifikasikan ulang menjadi 5 kelas seperti terlihat di Tabel 7.



Gambar 8. (Atas dan Tengah) Peta Tapak Bangunan sebagai Representasi Permukiman

Ekisting Tahun 2020 kemudian diolah melalui proses Euclidean Distance (bawah)

Tabel 7. Klasifikasi Jarak dari Permukiman

Jarak (m)	Klasifikasi	Skor
0 - 100	Sangat Sesuai	5
100 - 500	Sesuai	4
500 - 1.500	Cukup Sesuai	3
1.500 - 5.000	Tidak Sesuai	2
> 5.000	Sangat Tidak Sesuai	1

Sumber: Olah data peta jarak

B. Jarak dari Fasilitas dan Infrastruktur Transportasi

Pertumbuhan populasi di Jakarta menurun sebesar 5% sejak tahun 70-an dimana proses suburbanisasi mulai berkembang pada tahun 90-an (Putra et al., 2022) yang disebabkan oleh pemasaran perumahan melihat potensi penjualan dari kenaikan pertumbuhan penduduk di wilayah pinggiran Jakarta dan kebutuhan akan ruang pribadi yang mengarah pada perkembangan area ke Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi (Winarso and Firman, 2002).

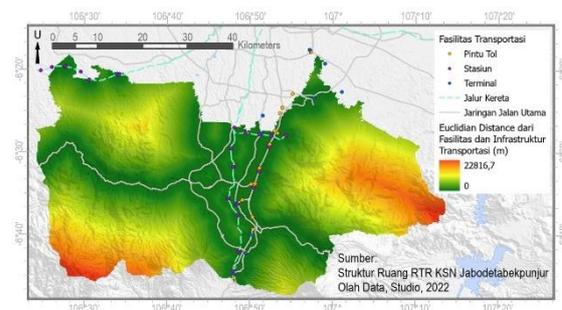
Perencanaan transportasi menjadi salah satu pendorong fenomena ini termasuk di dalamnya jaringan jalan dan sistem transportasi umum. Keberadaan jalur transportasi rel (KCI) dan jalan tol Jagorawi - Lingkar Bogor menjadi contoh infrastruktur transportasi saat ini yang diandalkan sebagai moda transportasi utama sehari-hari (*daily commuting*) bagi para pekerja yang bermukim di Bogor dan bekerja di Jakarta sehingga Bogor menjadi pilihan yang paling tinggi setelah Jakarta dari segi ekonomi dan jarak yang mendukung jalur utama transportasi (Tohjiwa et al., 2010).

Dalam penentuan lokasi kesesuaian lahan untuk permukiman ini tentu erat kaitannya dengan aksesibilitas terhadap fasilitas transportasi terlebih posisi Bogor Raya sebagai *hinterland* dari metropolitan Jabodetabek, untuk itu dibuat peta jarak menggunakan proses Euclidean Distance dari titik-titik stasiun KRL, terminal, jalan arteri dan kolektor, serta pintu tol seperti terlihat di Gambar 9, kemudian dari peta jarak ini akan diklasifikasikan menjadi lima kelas yang sesuai Tabel 8.

Tabel 8. Klasifikasi Jarak dari Fasilitas dan Infrastruktur Transportasi

Jarak (km)	Klasifikasi	Skor
0 - 2	Sangat Sesuai	5
2 - 5	Sesuai	4
5 - 10	Cukup Sesuai	3
10 - 15	Tidak Sesuai	2
> 15	Sangat Tidak Sesuai	1

Sumber: Olah data peta jarak

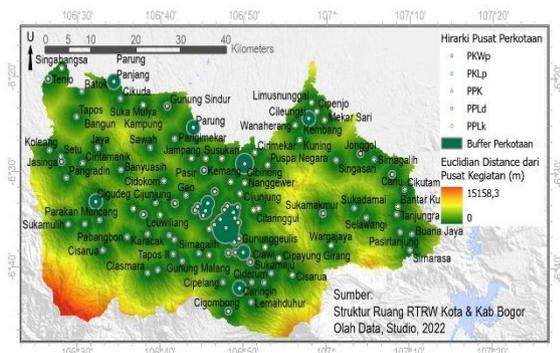


Gambar 9. Peta Jarak terhadap Fasilitas dan Infrastruktur Transportasi

C. Jarak dari Pusat Kegiatan

Berdasarkan teori Perroux, pusat pertumbuhan dapat diartikan dengan dua cara yaitu secara geografis dan fungsional (Tarigan, 2004). Dari sudut pandang geografis, pusat pertumbuhan adalah suatu tempat yang memiliki banyak fasilitas dan kemudahan, yang menjadi daya tarik karena lokasi tersebut menjadi *pole of attraction* bagi kegiatan ekonomi dan aktivitas masyarakat. Sedangkan secara fungsional, pusat pertumbuhan adalah suatu tempat di mana banyak kelompok usaha yang saling terkait secara dinamis, yang kemudian memicu pertumbuhan ekonomi baik di dalam maupun di luar wilayah tersebut.

Terdapat penentuan lokasi-lokasi yang ditetapkan sebagai pusat kegiatan dalam rencana tata ruang, yang menangani tingkat layanan dan fungsi hirarkis perkotaan, yaitu Pusat Kegiatan Wilayah (PKW), Pusat Kegiatan Lokal (PKL), Pusat Pelayanan Kawasan (PPK), dan Pusat Pelayanan Lingkungan (PPL). Lokasi-lokasi pusat kegiatan ini diolah dari peta Struktur Ruang dalam RTRW untuk menjadi peta jarak dari pusat kegiatan melalui proses *buffer* dan Euclidean Distance yang terlihat di Gambar 10.



Gambar 10. Peta Jarak terhadap Pusat Kegiatan

Tabel 9. Klasifikasi Jarak dari Pusat Kegiatan

Jarak (km)	Klasifikasi	Skor
0 - 2	Sangat Sesuai	5
2 - 5	Sesuai	4
5 - 10	Cukup Sesuai	3
10 - 15	Tidak Sesuai	2
> 15	Sangat Tidak Sesuai	1

Sumber: Olah data peta jarak

Sangat penting untuk menjadikan jarak dari pusat pertumbuhan sebagai salah satu variabel analisis dari kesesuaian lahan permukiman. Semakin dekat dengan pusat pertumbuhan, maka semakin sesuai bila ditetapkan sebagai lokasi permukiman karena akan memudahkan penduduk dalam menjalankan aktivitas, hal ini terlihat pada pengkelasan Tabel 9.

3. Kesesuaian Lahan untuk Permukiman

A. Spatial Multicriteria Analysis

Setelah menghasilkan peta yang merepresentasikan tiap variabel, dan telah diberikan skor pada tiap klasifikasinya, akan dilakukan pembobotan antar variabel, untuk memberikan gambaran perbandingan kepentingan antar variabel dalam kaitannya dengan penentuan lokasi yang sesuai untuk permukiman. Penelitian ini memanfaatkan *analytical hierarchy process* (AHP) dalam proses perbandingan bobot antar variabel, dan Tabel 10 adalah perbandingan bobot antar variabel.

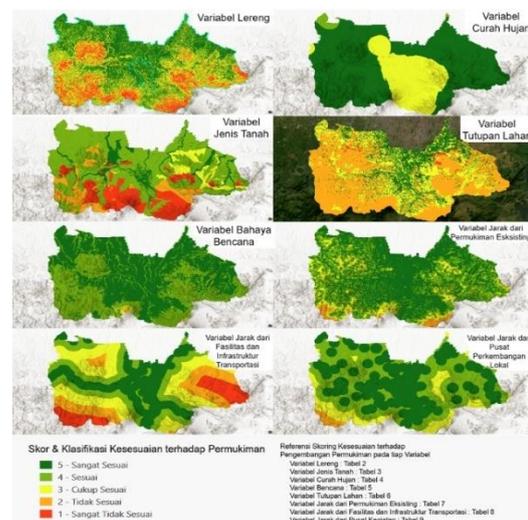
Terlihat bahwa tema fisik terutama Lereng memiliki peranan yang sangat besar (32%) untuk penentuan lokasi pengembangan permukiman, karena lereng merupakan variabel yang sangat erat dengan kemudahan

pengerjaan konstruksi dan kemudahan dalam akses di lingkungan permukiman. Untuk tema fisik lainnya yang cukup besar adalah variabel Bahaya Bencana (19%), yang juga menyangkut dengan keamanan dan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari tentu lokasi yang jauh dari bahaya bencana adalah lokasi yang diutamakan. Total dari tiga variabel faktor urban, seperti jarak terhadap fasilitas dan akses transportasi, jarak dari permukiman eksisting, dan jarak dari pusat kegiatan memiliki jumlah sepertiga dari keseluruhan bobot, hal ini juga tercermin dalam memilih sebuah tempat tinggal, tiga hal tersebut adalah hal yang diutamakan dipertimbangkan.

Tabel 10. Bobot antar Variabel dalam Penentuan Lokasi Kesesuaian Permukiman

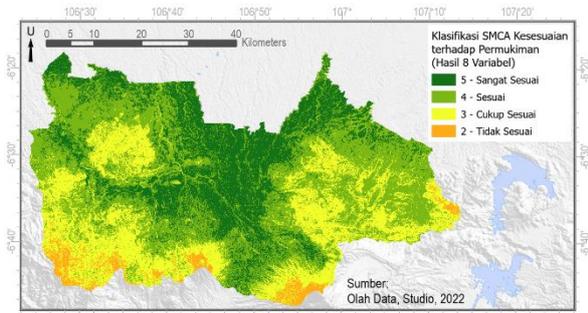
Bobot (%)	Variabel	Tema
32	Lereng	Fisik
2	Curah Hujan	Fisik
4	Jenis Tanah	Fisik
5	Tutupan Lahan Eksisting	Fisik
19	Bahaya Bencana	Fisik
	Jarak dari Permukiman	
15	Eksisting	Urban
	Jarak dari Fasilitas dan	
10	Infrastruktur Transportasi	Urban
	Jarak dari Pusat	
13	Perkembangan Lokal	Urban

Sumber: Hasil penentuan bobot menggunakan bantuan *analytical hierarchy process* (AHP)



Gambar 11. Gambaran warna semakin hijau semakin tinggi skor & klasifikasi pada tiap

variabel / peta yang akan diolah dalam pembobotan di SMCA *Weighted Overlay* Melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan proses *Weighted Overlay* dilakukan pengolahan spasial peta-peta pada Gambar 11 sesuai skala prioritas / bobot di Tabel 10, menghasilkan peta kesesuaian lahan untuk pengembangan permukiman, dengan klasifikasi yaitu Sangat Sesuai, Sesuai, Cukup Sesuai, Tidak Sesuai, yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil SMCA sebagai Lokasi Kesesuaian Pengembangan Permukiman

B. Spatial Multicriteria Evaluation

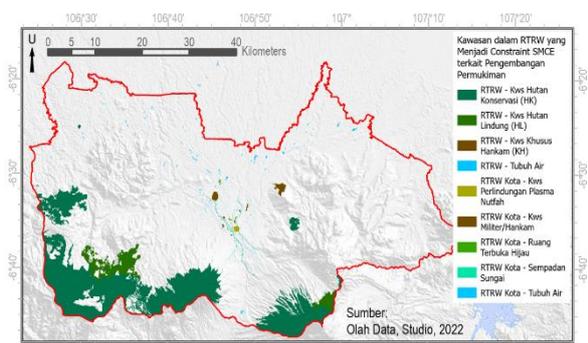
SMCE dipakai sebagai evaluator dalam menambahkan posisi lokasi yang dilarang untuk dikembangkan sebagai permukiman, yang disebut dengan *Spatial Constraint*. Beberapa variabel yang menjadi *Spatial Constraint* dalam tema penentuan lokasi pengembangan permukiman adalah kawasan-kawasan yang ditetapkan untuk dilindungi, dan juga area yang tidak dapat dimanfaatkan untuk lokasi pengembangan permukiman. Penetapan lokasi-lokasi tersebut dapat berupa SK Kementerian Kehutanan dan juga dalam Peraturan Daerah berupa Rencana Tata Ruang Wilayah seperti yang terlihat pada Tabel 11.

Tujuan dari *Spatial Constraint* ini langsung memberikan pengkali 0, atau menjadikannya nilai kosong pada lokasi tersebut, meskipun pada penilaian sebelumnya mendapatkan nilai tinggi dan cocok untuk dikembangkan sebagai permukiman. Hasil dari proses ini dapat terlihat pada Gambar 13 adalah kompilasi lokasi yang diterapkan sebagai *Spatial Constraint*.

Tabel 11. Variabel yang Digunakan sebagai Spatial Constraint

Variabel	Sumber Data	Tema
Tubuh Air	Peta Tutupan Lahan	Fisik
Kawasan Sempadan Sungai dan Danau	Pola Ruang RTRW Kota dan Kabupaten	Kawasan
Kawasan Hutan Lindung, Konservasi dan Pertahanan Keamanan	Pola Ruang RTRW Kota dan Kabupaten	Kawasan
Kawasan Ruang Terbuka Hijau	Pola Ruang RTRW Kota	Kawasan

Sumber: Variabel dalam pembuatan *spatial constraint*



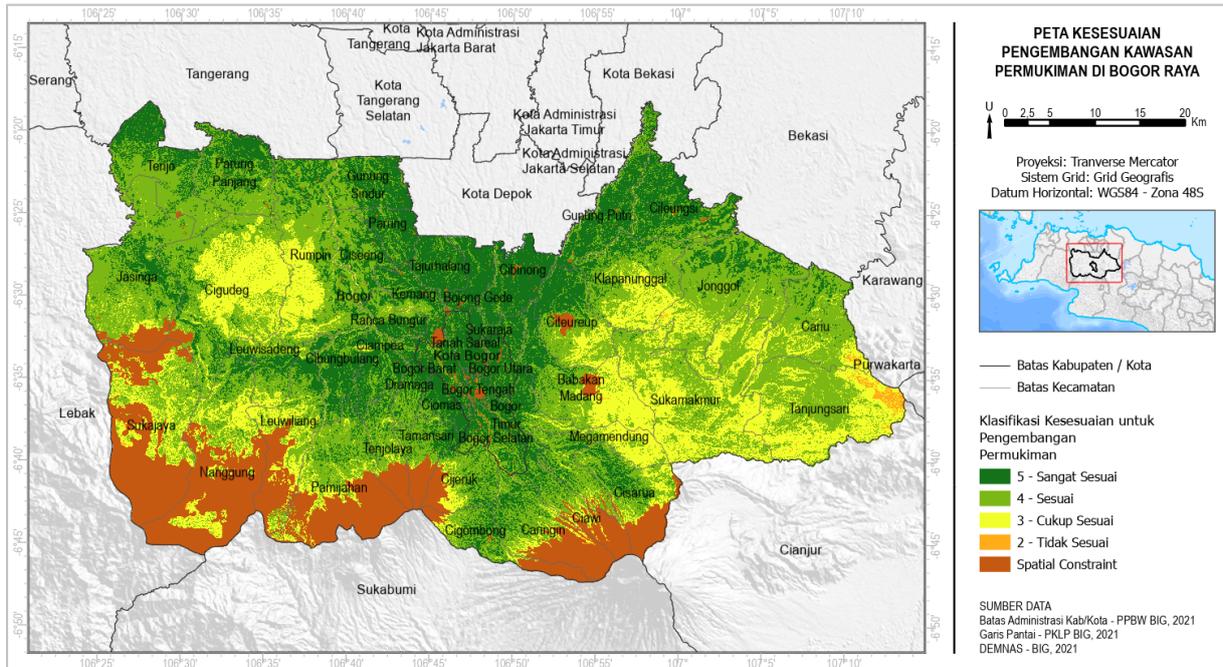
Gambar 13. Hasil Kompilasi Area yang akan dijadikan Spatial Constraint

Setelah diterapkan *Spatial Constraint*, hasil akhirnya dapat terlihat pada Gambar 14 dan Gambar 15. Peta dan infografis tersebut menggambarkan hasil pertimbangan lokasi-lokasi yang sesuai untuk pengembangan permukiman, lokasi yang berwarna hijau adalah

lokasi yang sangat sesuai dan sesuai, kuning adalah cukup sesuai, serta merah kecoklatan adalah lokasi yang telah diberikan larangan / *constraint*. Tiap nilai pixel dalam lokasi tersebut merepresentasikan pertimbangan dan *expert judgment* yang telah diberikan sebelumnya baik dari skoring tiap klasifikasi variabel maupun bobot antar variabel.

Dalam merencanakan dan menetapkan kawasan, idealnya didasari atas pertimbangan akademik dan normatif dengan mengakomodir berbagai variabel-variabel terkait. Hasil peta ini dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan perencana wilayah dalam mendeliniasi rencana kawasan permukiman jika dibutuhkan adanya penambahan dari segi luasan dalam rencana tata ruang, sebagai rekomendasi akademis dalam revisi rencana tata ruang yang dapat dilaksanakan setelah 5 tahun berjalan.

Spatial multi criteria evaluation sebagai pemodelan spasial untuk kesesuaian pengembangan kawasan permukiman di Bogor Raya



Gambar 14. Hasil Akhir – Hasil SMCA yang telah Diberikan Penerapan *Spatial Constraint*

Administrasi	Spatial Constraint	Tidak Sesuai	Cukup Sesuai	Sesuai	Sangat Sesuai	Total
Bogor	41.846,4	1.016,2	56.104,5	129.238,2	71.850,5	299.055,7
Babakan Madang	417,8	25,0	3.371,3	3.614,1	1.733,6	9.161,8
Bojog Gede	28,9		2,8	331,4	2.383,3	2.746,3
Caringin	3.175,1	34,5	708,0	2.629,2	1.242,5	7.789,3
Ciaru	89,9		1.571,8	582,3	4.480,5	6.944,5
Ciampea	2,5		53,5	1.071,0	2.270,8	3.397,7
Ciawi	1.834,0	12,3	395,1	1.508,1	956,5	4.706,0
Cibinong	58,9		3,1	492,8	4.079,9	4.634,4
Cigugur			59,7	1.155,0	2.551,1	3.706,8
Cigugur Tengah	1.378,3	0,1	364,1	1.907,0	997,2	4.646,7
Cigugur Utara	415,5		7.537,9	8.221,2	1.741,5	17.916,1
Cijeruk	898,8		654,2	2.352,1	894,9	4.799,9
Cileungsi	53,4		26,5	2.325,1	4.602,8	7.007,8
Cintana	3,3		91,3	349,9	1.443,5	1.796,1
Cisaree	1.970,4		0,5	2.877,4	1.338,4	7.089,9
Ciseeng	12,9		105,4	2.332,9	1.549,1	4.000,2
Cileureup	340,1		1.115,7	3.088,1	2.389,4	6.933,3
Dramaga	13,8		9,0	1.152,5	1.373,3	2.548,6
Gunung Putri	36,5		2.713,4	5.259,0	9.509,4	16.030,0
Gunung Sindur	4,0		25,6	1.805,9	3.004,4	4.839,9
Jasjaga	1.355,3		72,7	9.205,0	2.432,0	13.716,9
Jonggol	1,6	17,6	1.975,2	9.567,0	1.978,4	13.530,8
Kemang	254,7		30,4	1.113,4	1.979,8	3.318,3
Klapanunggal	4,1	2,7	2.713,4	5.259,0	9.509,4	16.030,0
Lewuliatang	2.779,5	4,8	2.111,5	3.117,9	1.212,7	9.226,3
Lewuisadeng			505,9	2.033,2	1.056,2	3.595,4
Megamendung	218,0	6,5	2.072,2	3.117,2	6.344,4	11.758,1
Nanggung	8.862,3	48,6	3.021,2	3.206,0	688,7	15.806,6
Pamijahan	6.090,2	19,7	1.422,0	4.147,2	828,9	12.508,1
Parung	23,0		0,4	670,1	2.078,6	2.772,1
Parung Panjang	26,4		39,6	3.923,5	3.102,3	7.091,7
Ranca Bungur	17,1		51,2	990,1	1.260,9	2.319,4
Rumpin	45,6	0,1	3.573,0	7.770,7	2.578,7	13.908,1
Sukajaya	9.226,0	30,0	3.459,9	3.826,4	16.618,8	29.150,8
Sukamakmur	3,8	7,0	9.074,8	9.027,1	88,6	18.201,4
Sukaraja	7,3		164,2	1.508,1	2.707,4	4.387,1
Tajurhalang	16,0		0,1	450,1	2.708,2	3.174,5
Tamansari	1.096,7		64,6	1.618,2	1.149,9	3.929,3
Tanjungsari		717,2	6.906,8	7.059,5	1,2	14.724,7
Terjaya	36,5		51,6	4.790,1	3.417,1	8.295,2
Tenjolaya	1.159,4		192,7	1.632,1	646,7	3.630,9
Kota Bogor	885,1	22,9	2.361,2	8.069,3	11.138,6	11.138,6
Bogor Barat	176,3	4,7	432,2	1.174,4	2.331,6	4.119,2
Bogor Selatan	127,7	17,1	1.089,2	1.819,2	3.050,2	5.104,4
Bogor Tengah	186,1	0,6	106,1	544,1	836,7	1.673,5
Bogor Timur	44,4	0,8	186,5	1.045,9	1.046,4	2.683,0
Bogor Utara	76,7	0,3	279,7	1.457,1	1.813,7	3.350,4
Tanah Sareal	72,9	0,0	270,5	1.715,6	2.000,0	4.768,9
Total	42.531,6	1.016,2	56.127,4	131.599,5	79.919,8	310.194,3
	13,7%	0,3%	17,8%	42,4%	25,6%	100,0%

Gambar 15. Infografis nominal dari luas administratif sebaran klasifikasi kesesuaian lahan untuk permukiman

Terlihat pada infografis Gambar 15 secara sebaran lokasi untuk kelas kesesuaian tinggi dan sangat tinggi cukup merata, dalam artian di saat diperlukan adanya pengembangan, tidak memerlukan arah lokasi yang ditujukan spesifik. Terlihat pula bahwa sebagian besar Kecamatan

Nanggung, Samijaya, dan Pamijahan memiliki *spatial constraint* pengembangan yang cukup besar, hal ini dikarenakan lokasinya sebagian besar masuk dalam penetapan kawasan lindung dalam rencana tata ruang.

Kawasan dalam RTRW	Spatial Constraint	Tidak Sesuai	Cukup Sesuai	Sesuai	Sangat Sesuai	Total
Bogor	41.803,3	1.016,2	55.102,9	129.965,8	71.483,5	299.471,8
Encawa Kawasan Hutan (EH)	45,8	99,9	3.110,0	1.620,3	16,1	4.892,1
Kawasan Hutan Konservasi (KH)	36.118,8	2,4	55,2	25,3	0,2	36.201,9
Kawasan Hutan Lindung (HL)	4.592,2		13,8	3,6	0,0	4.609,5
Kawasan Hutan Produksi Terbatas (HPT)			827,3	11.182,2	3.564,9	15.513,8
Kawasan Hutan Produksi Tetap (HPT)			26,0	12.752,6	8.144,4	23.241,6
Kawasan Khusus Hutan (KH)	519,8		0,1	1,3	1,0	522,2
Kawasan Perumahan Industri (KPI)	1,2		67,6	3.201,9	8.094,3	10.905,0
Kawasan Perumahan Lahan Basah (KLB)	7,4	0,8	3.945,8	26.253,5	7.892,2	38.103,7
Kawasan Perumahan Lahan Kering (KLK)	3,5	4,9	4.032,8	13.333,4	2.062,7	20.536,7
Kawasan Perumahan Perkotaan dan Taman Tahunan (PP)	44,5	51,7	14.395,5	229.637,1	2.533,3	40.533,0
Kawasan Perumahan Perkotaan Perdesaan (PPD)	0,8	0,1	1.669,8	9.524,4	3.048,2	14.243,3
Perumahan Perkotaan Kepadatan Rendah (PKPR)	2,3	1,0	2.371,2	17.698,7	6.976,7	27.037,8
Perumahan Perkotaan Kepadatan Sedang (PKPS)	5,3		402,0	9.733,4	12.010,6	22.511,4
Perumahan Perkotaan Kepadatan Tinggi (PKPT)	11,2		177,8	11.172,4	29.399,8	40.761,2
Rencana Waduk (RW)			45,2	63,1	5,5	113,9
Situ	442,2		6,5	10,1	5,1	463,9
Kota Bogor	728,2	24,5	2.533,6	8.438,2	11.722,8	11.722,8
Facilities Kesehatan	0,0			2,3	30,2	32,5
Facilities OF dan Rakayasa	0,3		0,2	65,8	84,9	151,2
Facilities Pendidikan	0,2			9,0	87,1	96,4
Facilities Perumahan Perkotaan	0,1			2,6	1,8	4,5
Facilities Perdesaan	0,0			0,1	1,9	2,0
Facilities Transportasi	0,1			0,9	6,0	7,0
Hutan Kota	0,0		1,4	32,6	14,9	48,9
Infrastruktur Kota	0,3			5,1	14,6	20,1
Kan Perinderaan Jarak	107,4			0,2	0,3	107,9
Kawasan Monev/evaluasi	93,2			0,1	1,3	94,6
Kawasan Perumahan	0,7			12,4	101,9	115,0
Kawasan Perumahan dan Jasa	5,7		1,1	178,1	355,6	1.140,5
Kawasan Perumahan	1,4		0,0	37,7	192,3	231,5
Kawasan Perumahan Kepadatan Rendah	21,6		12,6	1.033,0	1.042,0	2.099,1
Kawasan Perumahan Kepadatan Sedang	31,6		1,4	707,9	3.796,9	4.537,7
Kawasan Perumahan Kepadatan Tinggi	9,2		1,0	168,4	720,6	899,3
Lokasi Industri	0,9		0,2	29,2	107,8	138,1
Ruang Terbuka Hijau	185,5		0,7	1,6	1,9	189,7
Sampungan Industri	2,1		3,9	135,5	279,7	421,1
Sampungan Survei	142,9		0,4	8,3	4,0	155,6
Sungai	188,1		0,1	19,7	42,9	250,9
Tempat Pemukiman Umum	8,8		2,1	83,9	98,5	193,3
Total	42.531,6	1.016,2	55.127,4	131.599,5	79.919,8	310.194,3
	13,7%	0,3%	17,8%	42,4%	25,6%	100,0%

Gambar 16. Infografis nominal dari luas rencana pola ruang pada lokasi kesesuaian lahan untuk permukiman

Pada infografis Gambar 16 merupakan *cross-tab* antara peruntukan kawasan dalam rencana tata ruang, dan hasil olahan kesesuaian untuk pengembangan permukiman. Dapat terlihat pada daerah mana saja yang telah direncanakan sebagai kawasan permukiman

dalam tata ruang telah sinergi dengan hasil olah kesesuaian pengembangan permukiman penelitian ini, terdapat kesesuaian yang tinggi pada kawasan perencanaan permukiman tersebut. Dari infografis tersebut juga dapat dianalisis mengenai di mana saja lokasi potensial untuk kebutuhan permukiman masa mendatang, yaitu terkait lokasi kawasan-kawasan yang saat ini bukan direncanakan sebagai permukiman yang nantinya dapat ditukar untuk dikembangkan sebagai kawasan permukiman dalam revisi rencana tata ruang berikutnya. Kawasan yang berpotensi untuk dapat diubah dalam perencanaan selanjutnya adalah pada kawasan peruntukan Lahan Kering (LK), Lahan Basah (LB), dan Perkebunan Tanaman Tahunan (PB), dengan masing-masing maksimal seluas 26.253 Ha, 13.333 Ha, dan 23.437 Ha yang dikategorikan Sesuai untuk permukiman sesuai olah SMCA dan SMCE.

Didapatkan pula bahwa alokasi saat ini dalam perencanaan tata ruang kawasan untuk permukiman adalah sebesar 36,3% untuk kedua wilayah dalam pola ruang RTRW, dan masih dapat dimaksimalkan dari kesesuaian ini hingga 68,2% (42,4% tergolong Sesuai, dan 25,8% tergolong Sangat Sesuai), namun dari data jumlah penduduk kedua wilayah ini pada Tahun 2017 berjumlah 6,7 juta jiwa dan 6,4 juta jiwa pada Tahun 2021 dan hanya terdapat sedikit kenaikan dan justru terdapat sedikit penurunan diantara tahun tersebut, menunjukkan bahwa dari segi jumlah penduduk tidak mengalami perubahan yang dapat mendesak pemenuhan kebutuhan permukiman untuk saat ini, sehingga area-area tersebut masih sangat ideal untuk dapat digunakan sebagai produktivitas pangan dan hortikultura.

Simpulan

Penentuan dan perencanaan penggunaan lahan yang sesuai peruntukannya, perlu dilakukan secara tepat dan terukur, SMCA dan SCME dapat membantu hal ini. Tiap nilai piksel dari hasil analisis kesesuaian lahan ini merepresentasikan pertimbangan dan *expert judgment* yang telah diberikan sebelumnya baik dari skoring tiap klasifikasi variabel maupun bobot antar variabel. Lokasi-lokasi yang Sesuai dalam penelitian ini dapat menjadi masukan dan rekomendasi akademis dalam revisi tata ruang, namun bukan berarti

keseluruhannya disarankan untuk diubah menjadi permukiman, karena pada dasarnya perlu ada keseimbangan lingkungan yang perlu dilestarikan dan ketahanan pangan yang perlu dijaga, serta perlu memperhatikan aspek-aspek lain yang kompleks dalam perencanaan tata ruang.

Ucapan terima kasih

Terima kasih diucapkan kepada tim yang terlibat dalam penulisan artikel ini. Pembuatan studi ini juga tidak luput dari peran serta dosen yang membimbing dan berbagai instansi yang terlibat berkaitan dalam kemudahan perolehan data. Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan ke dalam resolusi yang lebih besar untuk melihat dampak secara lokal dan mendetail.

Referensi

- Ashari, A. (2013). Kajian Tingkat Erodibilitas Beberapa Jenis Tanah Di Pegunungan Baturagung Desa Putat Dan Nglanggeran Kecamatan Patuk Kabupaten Gunungkidul. *Informasi*, 39(2), 15–31.
- Boggia, A., Massei, G., Pace, E., Rocchi, L., Paolotti, L., & Attard, M. (2018). Spatial multicriteria analysis for sustainability assessment: A new model for decision making. *Land Use Policy*, 71(October 2017), 281–292.
- Dariah, A., Subagyo, H., Tafakresnanto, C., & Marwanto, S. (2002). *Kepekaan Tanah Terhadap Erosi*. 7–30.
- FAO. (2015). World reference base for soil resources. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Ferretti, V., & Pomarico, S. (2013). An integrated approach for studying the land suitability for ecological corridors through spatial multicriteria evaluations. *Environment, Development and Sustainability*, 15(3), 859–885.
- Guo, P., Zhang, F., Wang, H., & Qin, F. (2020). Suitability evaluation and layout optimization of the spatial distribution of rural residential areas. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6).
- Hidayat, J. T., & Ridwan, M. (2018). Assessment of the quality of public Green Open Space (GOS) in the urban fringes in

- response to urban sprawl phenomenon (case study District of Tanah Sereal , Bogor City) Assessment of the quality of public Green Open Space (GOS) in the urban fringes. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 179, 012027.
- Putra, A., Halley, M., & Koomen, E. (2022). Land Use Policy Highway expansion and urban sprawl in the Jakarta Metropolitan Area. *Land Use Policy*, 112 (December 2020), 105856.
- Saptiningsih, E., & Haryanti, S. (2015). Kandungan Selulosa dan Lignin Berbagai Sumber Bahan Organik setelah Dekomposisi Pada Tanah Latosol. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, XXIII(2001), 1–5.
- Soediono, B. (1989). Sifat Fisik Tanah Dan Kemampuan Tanah Meresapkan Air Pada Lahan Hutan, Sawah, Dan Permukiman. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(2), 160.
- Tarigan, Robinson. (2004). Perencanaan pembangunan wilayah. PT bumi aksara: Jakarta
- Tohjiwa, A. D., Soetomo, S., Sjahbana, J. A., & Purwanto, E. (2010). Kota Bogor dalam Tarik Menarik Kekuatan Lokal dan Regional. *Seminar Nasional Riset Arsitektur Dan Perencanaan (SERAP) 1 Humanisme, Arsitektur dan Perencanaan*.
- Ullah, K. M., & Mansourian, A. (2016). Evaluation of Land Suitability for Urban Land-Use Planning: Case Study Dhaka City. *Transactions in GIS*, 20(1), 20–37.
- Wibowo, A., & Semedi, J. M. (2011). Model Spasial dengan SMCE untuk Kesesuaian Kawasan Industri (Studi Kasus Di Kota Serang) (Spatial Model with SMCE for Industrial Region Suitability: Case Study of Serang City). *Globë*, 13(1), 50–59.
- Wilza, N., & Rustiadi, E. (2022). *Perkembangan Kawasan Permukiman di Sekitar Titik Transit Kabupaten Bogor*. 349–365.
- Winarso, H., & Firman, T. (2002). *Residential land development in Jabotabek , Indonesia: triggering economic crisis?* 26, 487–506.