



KESESUAIAN TINGGI BANGUNAN DI KOTA SEMARANG BERDASARKAN KEMAMPUAN LAHAN

SUITABILITY OF BUILDING HEIGHT IN SEMARANG CITY BASED ON LAND CAPABILITY

Bitta Pigawati^{a*}

^{a*}Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro; Semarang

*Korespondensi: bitta.pigawati@pwk.undip.ac.id

Info Artikel:

- Artikel Masuk: 28 September 2022
- Artikel diterima: 2 Maret 2023
- Tersedia Online: 31 Maret 2023

ABSTRAK

Ketinggian bangunan mengandung pengertian identik dengan besarnya beban yang ditanggung oleh lahan. Keberadaan bangunan tinggi yang tidak sesuai dengan kemampuan lahannya dapat mengakibatkan kerusakan lahan dan bencana. Konsep pengaturan ketinggian bangunan merupakan salah satu pendekatan yang harus dipertimbangkan dalam pembangunan keruangan, sehingga dapat menjamin keberadaan ruang-ruang yang berfungsi memproteksi lingkungan alamiah. Penelitian ini bertujuan menganalisis kesesuaian tinggi bangunan di Kota Semarang berdasarkan kemampuan lahan dan arahan pengembangan lahan. Tingkat kemampuan lahan diperoleh melalui analisis Satuan Kemampuan Lahan (SKL) menggunakan variabel fisik-lingkungan. Metode penelitiannya adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan spasial. Memanfaatkan Sistem Informasi Geografis dalam analisisnya dan menggunakan citra penginderaan jauh sebagai sumber data spasial utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Kota Semarang pada tahun 2022 mempunyai kemampuan lahan rendah hingga sangat tinggi untuk dikembangkan sebagai kawasan perkotaan. Kelas kemampuan lahan sangat rendah dan rendah sesuai untuk kawasan yang tidak ada bangunannya, kemampuan lahan kelas sedang dan agak tinggi sesuai untuk bangunan dengan ketinggian maksimum empat lantai dan Kemampuan lahan kelas sangat tinggi sesuai untuk bangunan dengan ketinggian di atas empat lantai. Kesesuaian tinggi bangunan ditentukan berdasarkan kemampuan lahan dengan mempertimbangkan aspek fisik dan lingkungan. Terdapat bangunan di Kota Semarang yang ketinggiannya kurang sesuai. Prosentase paling besar diketahui terdapat di Kecamatan Candisari. Salah satu upaya untuk mengantisipasi kondisi ini perlu dilakukan pengendalian melalui peraturan pendirian bangunan.

Kata Kunci : Rawan Bencana, Ketinggian Bangunan, Fisik-Lingkungan

ABSTRACT

The height of the building has an identical meaning to the amount of load borne by the land. The existence of tall buildings that are not in accordance with the capabilities of the land can result in land damage and disasters. The concept of setting the height of the building is one approach that must be considered in spatial development, so as to ensure the existence of spaces that function to protect the natural environment. This study aims to analyze the suitability of building heights in the city of Semarang based on land capability and land development recommendations. Land capability level is obtained through analysis of Land Capability Unit (LCU), using physical-environmental variables. The research method is descriptive quantitative with a spatial approach. Utilizing Geographic Information Systems in its analysis and using remote sensing imagery as the main source of spatial data. The results of the study show that Semarang City in 2022 has low to very high land capability to be developed as an urban area. Very low and low land capability classes are suitable for areas without buildings, medium and rather high land capability classes are suitable for buildings with a maximum height of four floors and very high land capability classes are suitable for buildings with a height of more than four floors. The suitability of building height is determined based on land capability by considering physical and environmental aspects. There are buildings in the city of Semarang whose height is not suitable. The largest percentage is known to be in Candisari District. One of the efforts to anticipate this condition needs to be controlled through building construction

Keyword: Disaster Prone, Building Height, Physical-Environment

1. PENDAHULUAN

Konsep pengaturan ketinggian bangunan adalah pendekatan perencanaan spasial yang membahas pemanfaatan ruang kearah vertikal. Meskipun megkaji pemanfaatan ruang arah vertikal namun diperlukan dukungan aspek fisik lingkungan yang menempati ruang horisontal. Kemampuan lahan yang ditentukan berdasarkan fisik lingkungan merupakan faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam pembangunan, supaya dapat memberi perlindungan dan menjamin keberadaan ruang-ruang yang berfungsi memproteksi lingkungan alamiah. Upaya mengkaitkan pembangunan berkelanjutan, pembangunan keruangan dan pengaturan batas ketinggian bangunan diharapkan dapat memunculkan kebijakan terkait penentuan zona dimana gedung bertingkat tinggi diijinkan dan zona ketinggian bangunan dibatasi.

Penelitian yang menganalisis kesesuaian ketinggian bangunan dengan penerapan metode analisis satuan kemampuan lahan belum pernah dilakukan sebelumnya. Pertimbangan kemampuan lahan dalam pembangunan perlu dilakukan untuk menghindari kerusakan sumberdaya lahan, hal ini merupakan prinsip pembangunan berkelanjutan yang harus diperhatikan dalam setiap kegiatan pemanfaatan lahan. Meskipun terdapat beberapa penelitian yang serupa tapi belum membahas secara spesifik ketinggian bangunan yang dianalisis berdasarkan kemampuan lahan dengan mempertimbangkan aspek fisik lingkungan. Beberapa penelitian terkait permasalahan ketinggian bangunan telah dilakukan. Misalnya Penelitian yang membahas peran strategis dan multifungsi dari pengaturan batas ketinggian bangunan, implikasi pengaturan ketinggian bangunan pada pengaturan ruang (Suartika, 2010). Penelitian yang berfokus pada tinggi bangunan gedung, menggunakan pendekatan data DEM LiDAR untuk memperoleh tinggi bangunan secara aktual (Hajar, Wijaya, & Bashit, 2017). Selain itu terdapat penelitian tentang ketinggian bangunan terkait keselamatan penerbangan pada kawasan bandara di Kota Semarang (Sejati, Rahayu, Pigawati, & Winarendri, 2018). Ketinggian bangunan mengandung pengertian identik dengan besarnya beban yang ditanggung oleh lahan. Analisis tinggi bangunan berdasarkan kesesuaian lahan dapat dilakukan dengan membedakan keberadaan bangunan bertingkat dengan mengkategorikan jenis penggunaan lahan perkotaan ke dalam lima kategori: bangunan bertingkat tinggi (bangunan tempat tinggal dengan 10 lantai atau komersial dan bangunan kelembagaan yang lebih tinggi dari 24 m), bangunan bertingkat, bangunan bertingkat rendah, pembuangan limbah, dan pelestarian alam (Dai, Lee, & Zhang, 2001).

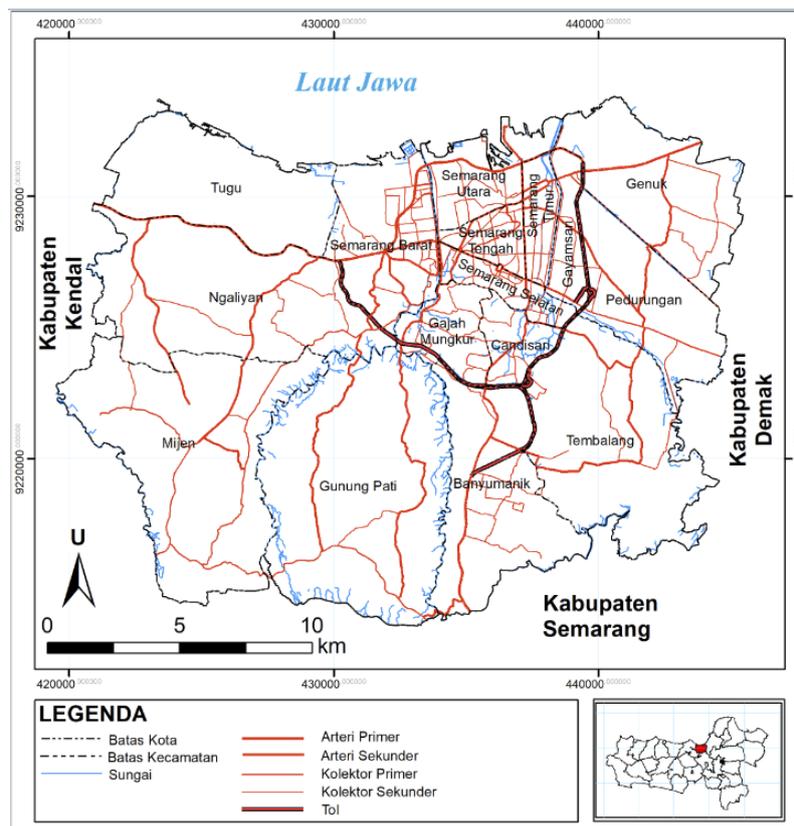
Sebagian kawasan perkotaan Kota Semarang menunjukkan perkembangan lahan terbangun yang cukup pesat, terutama untuk pembangunan *real estate* dan apartemen. Dengan adanya apartemen menunjukkan fenomena terdapat bangunan gedung bertingkat tinggi. Bangunan tinggi mengakibatkan beban yang besar terhadap lahan yang mendukungnya. Kondisi ini lebih membahayakan jika terjadi pada kawasan rawan bencana. Kawasan rawan bencana di Kota Semarang luasnya 6268 ha (16,8 %) (Nurmasari & Pigawati, 2021). Prediksi pertumbuhan lahan terbangun untuk permukiman di BWK II Kota Semarang menunjukkan peningkatan mengarah pada kawasan rawan bencana longsor (Pigawati, Sugiri, Putra, & Suryani, 2020). Kondisi ini cukup berpotensi sebagai penyebab bencana jika berlangsung terus menerus. Untuk menyikapi kondisi ini perlu dilakukan kajian ketinggian bangunan di Kota Semarang dengan mempertimbangkan kemampuan lahan.

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan, penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisis kesesuaian tinggi bangunan berdasarkan kemampuan lahan Kota Semarang. Analisis Ketinggian bangunan dilakukan mengacu pada arahan kemampuan lahan untuk pengembangan kawasan perkotaan berdasarkan aspek fisik lingkungan (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007). Menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan spasial. Memanfaatkan Sistem Informasi Geografis dalam analisisnya dan menggunakan data citra penginderaan jauh sebagai sumber data spasial utama. Sistem Informasi Geografis cukup potensial untuk mengevaluasi aspek lingkungan dalam mendukung perencanaan penggunaan lahan perkotaan (Goodchild, 1993). Data citra penginderaan jauh dapat diperoleh dalam waktu yang relatif cepat dan mampu memberikan informasi obyek dengan jelas (Floyd.F Sabins, 1986; Lillesand & Kiefer, 1993; Weng, 2010).

Hasil penelitian dengan metode analisis satuan kemampuan lahan ini dapat memberikan arahan tentang kesesuaian lahan sebagai lokasi pengembangan Kawasan perkotaan khususnya untuk lahan terbangun yang mempunyai ketinggian bangunan tertentu. Ketinggian bangunan berkorelasi dengan beban yang harus ditanggung oleh lahan yang berada di bawahnya. Selain itu juga dapat memberikan pemahaman bagi masyarakat tentang ketinggian bangunan yang sesuai dengan kemampuan lahannya dan sebagai pertimbangan pemerintah dalam merumuskan kebijakan pemanfaatan lahan terkait dengan ketinggian bangunan. Peraturan ketinggian bangunan dapat dijadikan ketentuan yang mengikat pada saat menerbitkan ijin pendirian bangunan. Selanjutnya dapat dibuatkan aturan yang dapat diimplementasikan sebagai antisipasi terjadinya bencana, melalui mekanisme penerbitan Ijin Mendirikan Bangunan (IMB). Aturan yang diterbitkan dapat berupa kebijakan keruangan yang tepat, akomodatif terhadap kebutuhan masyarakat dan mendukung pembangunan Kota Semarang berkelanjutan.

2. DATA DAN METODE

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian tinggi bangunan di Kota Semarang berdasarkan kemampuan lahan dan arahan pengembangan lahan. Gambar 1 menunjukkan peta lingkup wilayah penelitian yaitu Kota Semarang dengan luas 373, 70 km² dan jumlah penduduk 1.729.428 jiwa (Badan Pusat Statistik Kota Semarang 2021).



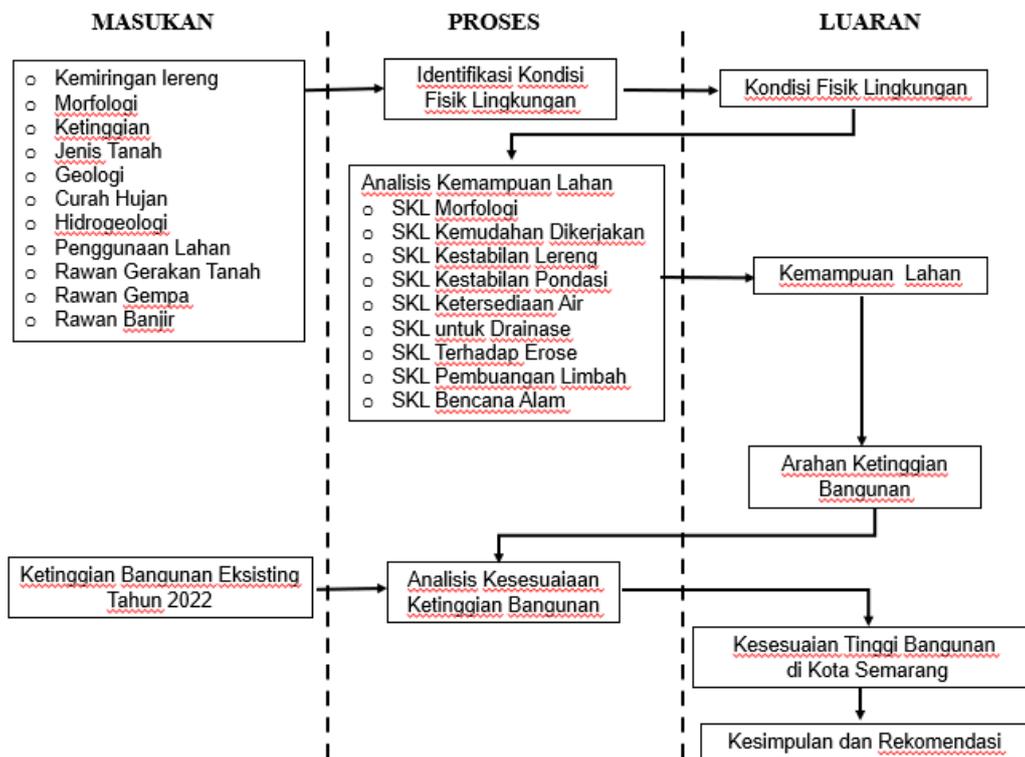
Sumber: RTRW Kota Semarang 2011-1031 (Pemerintah Kota Semarang, 2011)

Gambar 1. Peta Kota Semarang

Menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan pendekatan spasial serta aspek fisik lingkungan sebagai variabel penelitian. Memanfaatkan Sistem Informasi Geografis dengan teknik analisis skoring, pembobotan, tumpang susun (*superimpose*). Sumber data spasial diperoleh dari citra penginderaan jauh. Data spasial diperoleh dengan melakukan pengamatan pada citra menggunakan 7 (tujuh) kunci interpretasi,

selanjutnya dilakukan interpretasi sesuai dengan tujuan analisis. Diagram analisis penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Berikut tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini:

- Analisis karakteristik fisik lingkungan, bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik lingkungan wilayah Kota Semarang meliputi: kemiringan lereng, morfologi, ketinggian, jenis tanah, geologi, curah hujan, hidrogeologi, penggunaan lahan, rawan bencana dan hidrogeologi.
- Analisis kemampuan lahan, mengkaji tingkat kemampuan lahan untuk penggunaan lahan tertentu pada suatu daerah berdasarkan aspek fisik dasar (Laiko, 2010). Melalui analisis kemampuan lahan dapat diperoleh gambaran tingkat kemampuan lahan untuk dikembangkan sebagai perkotaan. Analisis kemampuan lahan dilakukan dengan menganalisis beberapa Satuan Kemampuan Lahan meliputi; SKL Morfologi, SKL Kemudahan Dikerjakan, SKL Kestabilan Lereng, SKL Kestabilan Pondasi, SKL Ketersediaan AIR, SKL Terhadap Erosi, SKL Untuk Drainase, SKL Pembuangan Limbah, dan SKL Bencana Alam Lingkungan (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007).
- Analisis kesesuaian ketinggian bangunan; bertujuan untuk memberikan arahan ketinggian bangunan yang sesuai dengan kemampuan pengembangan lahan dan melihat kesesuaian tinggi bangunan eksisting Tahun 2022 dengan arahan ketinggian bangunan.



Sumber: Hasil Analisis, 2022

Gambar 1. Diagram Analisis

Klasifikasi lahan dan score/nilai yang digunakan untuk analisis penentuan kesesuaian tinggi bangunan berdasarkan kesesuaian lahan Kota Semarang dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 12. Berikut Tabel penentuan nilai Satuan Kemampuan Lahan (SKL).

Tabel 2. Nilai SKL Morfologi

Lereng %	Nilai	Morfologi	Nilai	SKL Morfologi	Kemampuan Pengembangan	Nilai
> 40	1	Bergunung	1	Kemampuan Lahan dari Morfologi Tinggi	Rendah (1-2)	1
15-40	2	Berbukit	2	Kemampuan Lahan dari Morfologi Cukup	Kurang (3-4)	2
5-15	3	Bergelombang	3	Kemampuan Lahan dari Morfologi Sedang	Sedang (5-6)	3
2-5	4	Berombak	4	Kemampuan Lahan dari Morfologi kurang	Cukup (7-8)	4
0-2	5	Datar	5	Kemampuan Lahan dari Morfologi Rendah	Tinggi (9-10)	5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007.

Tabel 3. Nilai SKL Kemudahan Dikerjakan

Ketinggian (m)	Nilai	Lereng (%)	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	Geologi	Nilai	SKL Kemudahan Dikerjakan	Nilai
1500-2500	3	>40	1	Alfisol, Histosol	1	Lempung, Lumpur, Lempung Organik, Gambut	1	Rendah (5-10)	1
		15-40	2	Vertisol	2	Andesit, Granit, Diorit, Metamorf, Breksi Vulkanik	3	Kurang (10-15)	3
500-1500	4	5-15	3	Andisol	3	Aglomerat, Breksi Sedimen, Konglomerat			
		2-5	4	Inceptisol, Oxisol, Ultisol	4	Aluvium, Pasir Lanau, Batu Lumpur, Napal, Tufa Halus, Serpih	4	Sedang (16-20)	4
<500	5	0-2	5	Entisol	5	Batu Pasir, Tufa Kasar, Batu lanau, Arkose, Greywacke, Batu Gamping	5	Tinggi (21-25)	5

Sumber: Pertiwi, Dewanti, & Kadri, 2021

Tabel 4. Nilai SKL Kestabilan Lereng

Morfologi	Nilai	Lereng (%)	Nilai	Ketinggian (m)	Nilai	SKL Kestabilan Lereng	Nilai
Bergunung	1	>40	1	1500-2500	3	Rendah (4-5)	1
Berbukit	2	15-40	2			Kurang (6-8)	2
Bergelombang	3	5-15	3	500-1500	4	Sedang (9-11)	3
Berombak	4	2-5	4	<500	5	Cukup (12-13)	4
Datar	5	0-2	5			Tinggi (14-15)	5

Sumber: Ningrum & Widayastuty, 2021

Tabel 5. Nilai SKL Kestabilan Pondasi

Morfologi	Nilai	Lereng (%)	Nilai	Ketinggian (m)	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	SKL Kestabilan Pondasi	Nilai
Bergunung	1	>40	1	>1500	3	Alfisol, Histosol	1	Rendah (5-7)	1
Berbukit	2	15-40	2			Vertisol	2	Kurang (8-10)	2
Bergelombang	3	5-15	3	500-1500	4	Andisol	3	Sedang (11-14)	3
Berombak	4	2-5	4	<500	5	Inceptisol, Oxisol, Ultisol	4	Cukup (15-17)	4
Datar	5	0-2	5			Entisol	5	Tinggi (18-19)	5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007

Tabel 6. Nilai SKL Ketersediaan Air

Hidrogeologi	Nilai	Curah Hujan (mm/tahun)	Nilai	Ketinggian (m)	Nilai	SKL Kestabilan Pondasi	Nilai
Daerah Air Tanah Langka	2	4000-4501	5	Non Terbangun	1	Rendah (4-5)	1
	3					Kurang (5-6)	2
Akuifer Produktif, Setempat	4	3500-4000	4			Sedang (7-8)	3
Akuifer Sedang Sebarang Luas	5	3000-3500	3	Terbangun	2	Cukup (9-10)	4
		2500-3000	2			Tinggi (11-12)	5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007

Tabel 7. Nilai SKL terhadap Erosi

Morfologi	Nilai	Lereng (%)	Nilai	Curah Hujan (mm/tahun)	Nilai	Jenis Tanah	Nilai	SKL terhadap Erosi	Nilai
Bergunung	1	> 40	1	4000-4500	5	Alfisol, Histosol	1	Rendah	2
Berbukit	2	15-40	2			Verstisol	2		
Bergelombang	3	5-15	3	3500-4000	4	Andisol	3	Kurang	3
Berombak	4	2-5	4	3000-3500	3	Inceptisol Oxisol	4	Cukup	4
Datar	5	0-2	5	2500-3000	2	Enstisol	5	Tinggi	5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007.

Tabel 8. Nilai SKL untuk Drainase

Curah Hujan (mm/Tahun)	Nilai	Lereng (%)	Nilai	Ketinggian (m)	Nilai	SKL Untuk Drainase	Nilai
4000-4500	5	>40	1	1500-2500	3	Kurang (3-5)	1
		15-40	2				
3500-4000	4	5-15	3	500-1500	4	Cukup (6-11)	2
3000-3500	3	2-5	4	<500	5	Tinggi (12-14)	3
2500-3000	2	0-2	5				

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007.

Tabel 9. Nilai SKL Pembuangan Limbah

Ketinggian (m)	Nilai	Lereng (%)	Nilai	Curah Hujan (mm/Tahun)	Nilai	Penggunaan Lahan	Nilai	SKL Pemuangan Limbah	Nilai
1500-2500	3	>40	1	4000-4500	5	Non Terbangun	1	Rendah (13-14)	1
		15-40	2					Kurang (11-12)	2
500-1500	4	5-15	3	3500-4000	4			Sedang (9-10)	3
<500	5	2-5	4	3000-3500	3	Terbangun	2	Cukup (7-8)	4
		0-2	5	2500-3000	2			Tinggi (4-6)	5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007.

Tabel 10. Nilai SKL Bencana Alam

Rawan Gempa	Nilai	Rawan Gerakan Tanah	Nilai	Rawan Banjir	Nilai	SKL Bencana Alam	Nilai
Sangat Rendah	2	Rendah	3	Tidak Rawan	1	Rendah	3
Rendah	3	Sedang	4			Sedang	4
Menengah	4	Tinggi	5	Rawan	5	Tinggi	5
Tinggi	5						

Sumber: (Wirawan, Kumurur, & Warouw, 2019)

Kemampuan lahan untuk pengembangan diperoleh melalui perhitungan *scoring* (nilai), pembobotan dan *overlay* dari 9 (sembilan) Peta Satuan Kemampuan Lahan (SKL). Masing masing SKL diberi bobot. Bobot ini didasarkan pada seberapa jauh pengaruh satuan kemampuan lahan tersebut pada pengembangan perkotaan. Bobot yang digunakan adalah seperti terlihat pada Tabel 10 Bobot Satuan Kemampuan Lahan.

Tabel 11. Bobot Satuan Kemampuan Lahan

No	Satuan Kemampuan Lahan	Bobot
1	SKL Morfologi	5
2	SKL Kemudahan Dikerjakan	1
3	SKL Kestabilan Lereng	5
4	SKL Kestabilan Pondasi	3
5	SKL Ketersediaan Air	5
6	SKL Terhadap Erosi	3
7	SKL untuk Drainase	5
8	SKL Pembuangan Limbah	0
9	SKL Terhadap Bencana Alam	5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007

Dari total nilai perkalian bobot dan nilai, dibuat beberapa kelas yang memperhatikan nilai minimum dan maksimum total nilai. Dari angka di atas, nilai minimum yang mungkin didapat adalah 32, sedangkan nilai maksimum yang mungkin didapat adalah 160. Dengan begitu, pengkelasan dari total nilai ini adalah: Kelas a dengan nilai 32-58, Kelas b dengan nilai 59-83, Kelas c dengan nilai 84-109, Kelas d dengan nilai 110-134 dan Kelas e dengan nilai 135-160 Setiap kelas lahan memiliki kemampuan yang berbeda-beda seperti terlihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kemampuan Lahan dan Arah Ketinggian Bangunan

Nilai Total	Kelas Kemampuan Lahan	Klasifikasi Pengembangan	Arah Ketinggian Bangunan
32 - 58	Kelas a	Kemampuan Pengembangan Sangat Rendah	Non Bangunan
59 - 83	Kelas b	Kemampuan Pengembangan Rendah	
84 - 109	Kelas c	Kemampuan Pengembangan Sedang	Bangunan < 4 Lantai
110 - 134	Kelas d	Kemampuan Pengembangan Agak Tinggi	
135 - 160	Kelas e	Kemampuan Pengembangan Sangat Tinggi	Bangunan > 4 Lantai

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lahan pada wilayah perencanaan merupakan sumber daya alam yang memiliki keterbatasan dalam menampung kegiatan manusia dalam pemanfaatannya sehingga perlu dikenali terlebih dahulu karakteristik fisik suatu wilayah maupun kawasan yang dapat dikembangkan. Kegiatan evaluasi penggunaan lahan juga dapat dilakukan berdasarkan kemampuan lahan yang menggambarkan karakteristik fisik dan lingkungannya. Kondisi fisik-lingkungan perlu dipertimbangkan ketika merencanakan dan melaksanakan pendirian bangunan guna menghindari kerusakan lingkungan.

3.1. Karakteristik Fisik dan Lingkungan Kota Semarang

Karakteristik Kota Semarang secara umum mempunyai kemiringan lereng dengan nilai nol hingga >40%. Lereng dengan nilai (0-2%) ditemukan di sebagian besar wilayah Kota Semarang. Wilayah dengan kemiringan (0-2%) dikatakan datar atau hampir datar, tidak ada penggundulan, tidak mengalami kesulitan dalam pengolahan (Van Zuidam, 1985). Morfologi Kota Semarang yang datar luasnya 15953,32 ha (42,68%) dengan kemiringan lereng relatif rendah di bagian Utara dan tinggi di bagian Selatan. Ketinggian wilayah Kota Semarang sebagian besar berada pada 0-200 m dpl, kondisi seperti ini mencapai 26312,03 ha (70,39%) dari luas Kota Semarang.

Jenis Tanah di Kota Semarang di dominasi oleh jenis tanah Latosol Coklat Kemerahan. Tanah latosol merupakan tanah yang mengalami pelapukan lanjut dengan karakteristik pH asam, kandungan bahan organik dan hara rendah (Saptiningsih & Haryanti, 2015). Memiliki warna kemerahan hingga kekuning-kuningan, Jenis tanah latosol coklat kemerahan di Kota Semarang terdapat di Kecamatan Mijen, Gunung Pati, Tembalang, Ngaliyan, dan Banyumanik.

Wilayah Kota Semarang sebagian besar mempunyai kondisi geologi dengan jenis batuan endapan permukaan alluvium. Kondisi geologi adalah keadaan wilayah yang didasarkan pada batuan yang terdapat pada bumi bagian dalam. Curah hujan Kota Semarang termasuk dalam kategori rendah (<2.000 mm/tahun) dan sedang (2.000-3.000 mm/tahun.) Terdapat kawasan rawan bencana di Kota Semarang yaitu kawasan rawan bencana banjir, tanah longsor/gerakan tanah. Luas kawasan rawan bencana di Kota Semarang 6268 ha (16,8%).

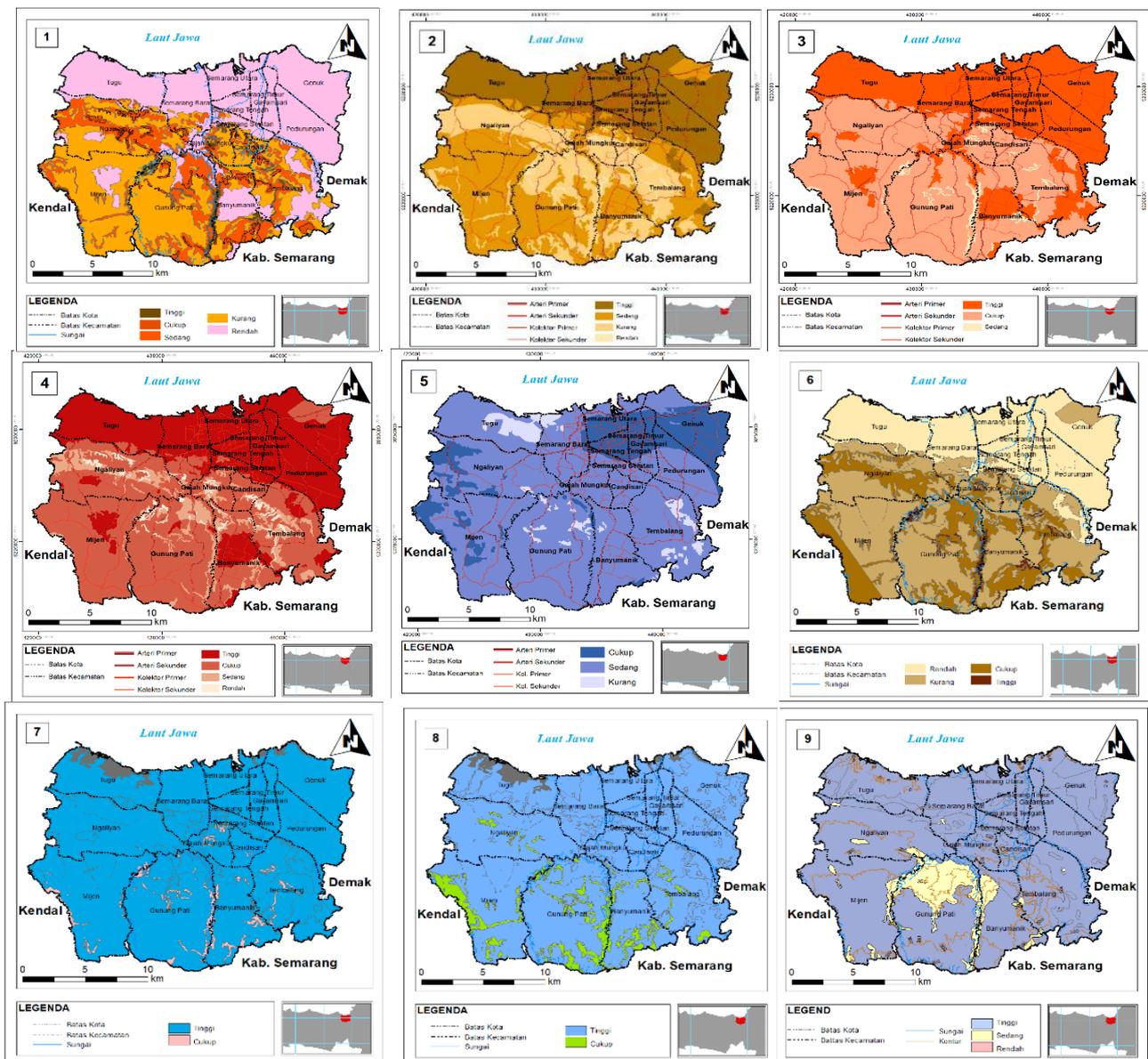
Kondisi hidrogeologi dapat diartikan sebagai kondisi suatu wilayah berdasarkan karakteristik air tanahnya serta hubungan/interaksinya dengan lapisan batuan di dalam tanah. Kota Semarang memiliki lima klasifikasi hidrogeologi menurut produktivitas air tanahnya yaitu daerah air tanah langka, produktif kecil, produktif sedang setempat, produktif sedang luas, dan produktif tinggi luas. Kota Semarang didominasi oleh klasifikasi produktivitas air tanah sedang, meliputi 68,65% dari luas wilayah Kota Semarang.

Lahan merupakan tanah yang tetap dalam lingkungannya dan kualitas fisik tanah sangat menentukan fungsinya (Wicaksono & Sugiyanto, 2011). Menurut Malingreau, Penggunaan lahan merupakan campur tangan manusia baik secara permanen atau periodik terhadap lahan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan, baik kebutuhan kebendaan, spiritual maupun gabungan keduanya (Malingreau & Christiani, 1981). Penggunaan lahan terbangun di Kota Semarang pada tahun 2022 terdiri atas permukiman, perdagangan dan jasa serta industri. Sedangkan lahan non terbangun terdiri atas guna lahan hutan, pertanian, perairan. Masalah penggunaan lahan perkotaan yang terkait dengan lingkungan geografi berpengaruh pada konstruksi dan pemeliharaan bangunan. Beberapa penelitian mengklasifikasikan penggunaan lahan berdasarkan keberadaan bangunan bertingkat (Dai et al., 2001; Fuchu, Yuhai, & Sijing, 1994).

3.2. Kemampuan Lahan

Kemampuan lahan merupakan kapasitas suatu lahan/tanah dalam mendukung pertumbuhan penggunaan lahan di atasnya tanpa ada resiko kerusakan. Kemampuan merupakan karakteristik lahan yang mencakup sifat-sifat tanah, topografi, drainase, dan kondisi lingkungan hidup untuk mendukung kehidupan atau kegiatan pada suatu hamparan lahan (Kementrian Lingkungan Hidup, 2009).

Tingkat kemampuan lahan pada masing-masing Satuan Kemampuan Lahan (SKL) diperoleh berdasarkan nilai/score dari variabel fisik lingkungan. Kesembilan SKL yang dimaksud meliputi: 1. SKL Morfologi, 2. SKL Kemudahan Dikerjakan 3. SKL Kestabilan Lereng 4. SKL Kestabilan Pondasi, 5. SKL Ketersediaan Air, 6. SKL terhadap Erosi, 7. SKL Drainase, 8. SKL Pembuangan Limbah 9. SKL terhadap Bencana alam, variabel yang digunakan meliputi jenis tanah, kelerengan, morfologi, ketinggian, curah hujan, hidrologi, bencana alam, dan penggunaan lahan. Persebaran spasial tingkat kemampuan lahan pada masing-masing Satuan Kemampuan Lahan di Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber: Hasil Analisis, 2022

Gambar 2. Peta Satuan Kemampuan Lahan (SKL) Kota Semarang

Hasil analisis Satuan Kemampuan Lahan (SKL) yang menggambarkan tingkatan kemampuan lahan pada Kawasan Kota Semarang menunjukkan bahwa kemampuan lahan kestabilan lereng, kemampuan lahan morfologi, kemampuan lahan kemudahan dikerjakan dan kemampuan lahan terhadap bencana berada pada tingkat tinggi (nilai 5), sementara kemampuan lahan kestabilan pondasi, kemampuan lahan drainase, dan

kemampuan lahan pembuangan limbah pada tingkat cukup (nilai 4). Kemampuan lahan ketersediaan air tingkat sedang (nilai 3) dan kemampuan lahan terhadap erosi tingkat rendah (nilai 2).

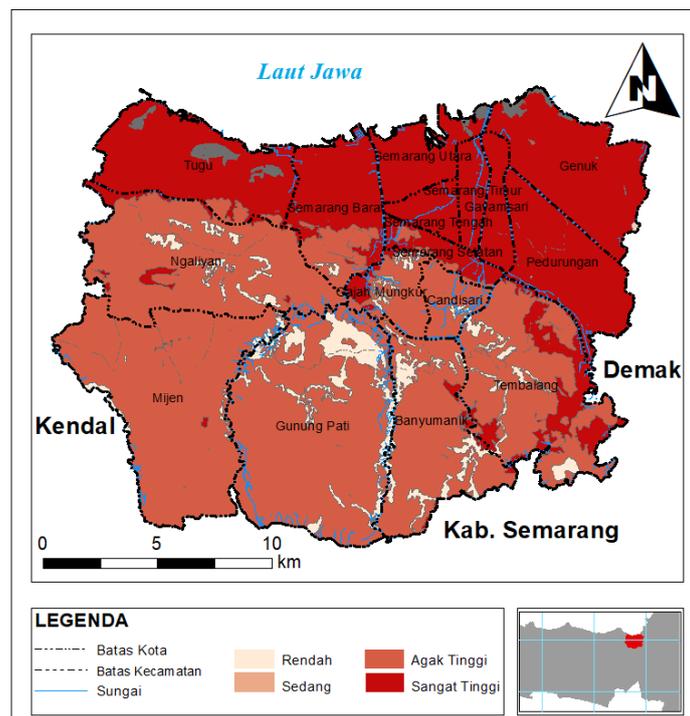
Satuan kemampuan lahan (SKL) kestabilan lereng, menggambarkan tingkat stabilitas lereng untuk pengembangan perkotaan. Wilayah Kota Semarang berdasarkan SKL Kestabilan Lereng terbagi menjadi 3 tingkatan yaitu sedang, cukup, dan tinggi. Sebagian besar wilayah Kota Semarang yang menunjukkan nilai kemampuan lahan tinggi luasnya mencapai 15.954,40 ha (42,68 %). Nilai kemampuan lahan kestabilan lereng tinggi (= 5) menunjukkan kemampuan lahan tersebut baik, lahan cukup stabil untuk dikembangkan. Wilayah studi yang menunjukkan kondisi seperti ini terdapat di 6 Kecamatan yaitu Kecamatan; Pedurungan, Genuk, Gayamsari, Semarang Timur, Semarang Utara, dan Semarang Tengah. Sementara kondisi paling buruk, tingkat sedang terdapat di Gunungpati, Banyumanik, dan Tembalang. Kota Semarang mempunyai SKL morfologi tingkat rendah hingga tinggi. Sebagian besar wilayah Kota Semarang menunjukkan nilai kemampuan lahan tinggi luasnya mencapai 15953,32 ha (42,68%). Nilai kemampuan lahan tinggi (=5) menunjukkan kemampuan lahan dari topografi rendah. Kondisi ini menggambarkan kemampuan lahan baik, mempunyai topografi datar dengan kemiringan lereng rendah, ditemukan di sebagian besar Kota Semarang. Satuan kemampuan lahan (SKL) terhadap erosi, menggambarkan daerah-daerah yang mengalami keterkikisan tanah, sehingga dapat diketahui tingkat ketahanan lahan terhadap erosi serta antisipasi dampaknya pada daerah yang lebih hilir. Wilayah Kota Semarang didominasi oleh SKL terhadap erosi pada tingkat rendah (2) adalah 33,28% terdapat di Kecamatan Gayamsari, Semarang Timur, Semarang Utara, dan Semarang Tengah.

Satuan kemampuan lahan (SKL) kestabilan pondasi, menggambarkan tingkat kestabilan pondasi suatu lahan untuk pengembangan. Kota Semarang memiliki empat kelas SKL kestabilan pondasi. Keempat kelas ini menggambarkan kestabilan suatu pondasi bangunan yang dikembangkan pada suatu bidang tanah. Kota Semarang sebagian besar didominasi oleh nilai SKL kestabilan pondasi tingkat cukup (4) sebesar 52,01%. Satuan kemampuan lahan (SKL) kemudahan dikerjakan, menggambarkan kemudahan pengerjaan pembangunan pada suatu lokasi, wilayah Kota Semarang berdasarkan SKL kemudahan dikerjakan mempunyai tingkat kemampuan lahan rendah hingga tinggi. Sebagian besar wilayah Kota Semarang yang menunjukkan nilai kemampuan lahan tinggi luasnya mencapai 12.295,76 ha (32,90 %). Nilai kemampuan lahan kemudahan dikerjakan tinggi (=5) menunjukkan kemampuan lahan tersebut baik, mudah dikerjakan/dikembangkan. Wilayah kecamatan yang menunjukkan kondisi seperti ini yaitu Kecamatan; Gayamsari, Semarang Timur, Semarang Utara, dan Semarang Tengah. Sementara nilai paling rendah(=1) terdapat di Gunungpati dan Tembalang. Satuan kemampuan lahan (SKL) terhadap bencana alam, menggambarkan tingkat kemampuan lahan dalam menerima bencana alam khususnya yang berkaitan dengan kondisi geologi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar SKL terhadap bencana alam Kota Semarang berada pada tingkat tinggi 91,37%. Wilayah kecamatan yang didominasi oleh SKL terhadap bencana alam tingkat tinggi yaitu Kecamatan: Pedurungan, Genuk, Gayamsari, Semarang Timur, Semarang Utara, dan Semarang.

Satuan kemampuan lahan (SKL) ketersediaan air, menunjukkan ketersediaan air baku dimanfaatkan dalam proses pengembangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa di Kota Semarang hanya ada tiga tingkatan SKL Ketersediaan Air yaitu kurang, sedang, dan cukup. Sebagian besar wilayah Kota Semarang menunjukkan SKL sedang (78,02%). Satuan kemampuan lahan (SKL) drainase, menggambarkan tingkat kemampuan lahan dalam mengalirkan air hujan secara alami, sehingga kemungkinan genangan baik bersifat lokal maupun meluas dapat dihindari. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kota Semarang didominasi SKL Untuk Drainase pada tingkat cukup 52,02%. Kondisi ini sebagian besar ditemukan pada Kecamatan Mijen, Gunungpati, Banyumanik, dan Tembalang. Satuan kemampuan lahan (SKL) pembuangan limbah, menggambarkan daerah-daerah yang mampu untuk ditempati sebagai lokasi penampungan akhir dan pengeolahan limbah, baik limbah padat maupun cair. Hasil analisis SKL Pembuangan Limbah Kota Semarang yang sebagian besar berada pada tingkat cukup 91,70%. Semua wilayah kecamatan di Kota Semarang menunjukkan dominasi SKL pembuangan limbah dengan tingkat cukup. 4 (>80%) Topografi, slope, elevasi, *groung conditions*, *ground water geologi hazard*.

3.3. Arahkan Kemampuan Lahan untuk Pengembangan

Kemampuan lahan diartikan sebagai penilaian atas kemampuan lahan untuk penggunaan tertentu yang dinilai dari masing-masing faktor penghambat Arsyad (1989). Analisis kemampuan lahan Kota Semarang bertujuan memberikan arahan penggunaan lahan kawasan perkotaan berdasarkan tingkat Kemampuan untuk pengembangan. Tingkat kemampuan pengembangan lahan di Kota Semarang hanya terdapat 4 tingkatan yaitu: Kemampuan Pengembangan Sangat Tinggi, Kemampuan Pengembangan Agak Tinggi, Kemampuan Pengembangan Sedang, dan Kemampuan Pengembangan rendah. Secara keseluruhan tingkat kemampuan pengembangan Kota Semarang berada pada tingkat agak tinggi luasnya mencapai 57,82%. Wilayah yang didominasi tingkat pengembangan agak tinggi yaitu Kecamatan Mijen, Kecamatan Candisari, Kecamatan Ngaliyan, dan Kecamatan Gunung Pati. Persebaran tingkat kemampuan pengembangan lahan di Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 4.



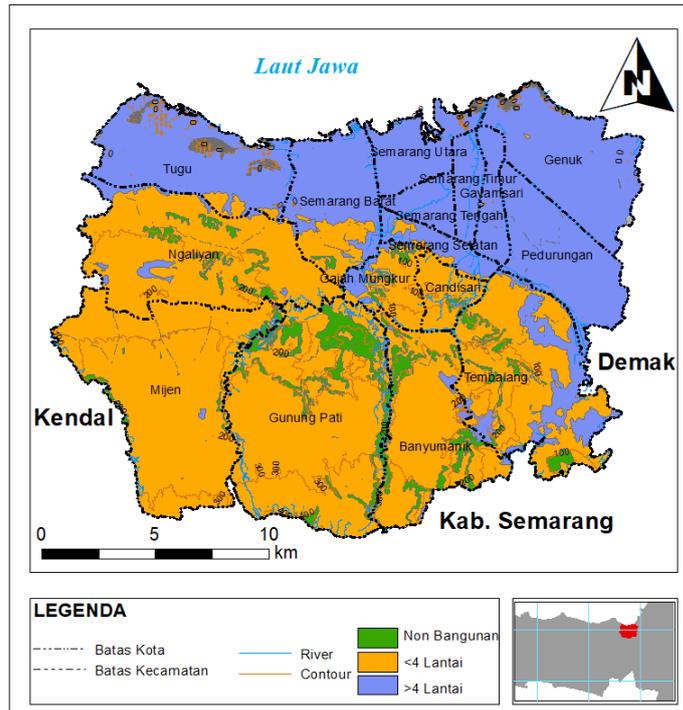
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Gambar 3. Peta Tingkat Kemampuan Pengembangan Lahan Kota Semarang

3.4. Arahkan Ketinggian Bangunan

Arahkan Ketinggian Bangunan Kota Semarang ditentukan berdasarkan Kemampuan Lahan untuk Pengembangan. Arahkan ketinggian bangunan ini dapat diartikan sebagai acuan dibolehkannya bangunan dengan ketinggian maksimum sesuai arahan, sehingga jika ada bangunan yang ketinggian lebih rendah dari arahan tetap dibolehkan. Kelas kemampuan lahan sangat rendah dan rendah diarahkan untuk kawasan yang tidak ada bangunannya, kemampuan lahan kelas sedang dan agak tinggi diarahkan untuk bangunan dengan ketinggian maksimum empat lantai dan Kemampuan lahan kelas sangat tinggi diarahkan untuk bangunan dengan ketinggian di atas 4 lantai.

Gambar 4. menunjukkan peta arahan ketinggian bangunan di Kota Semarang hasil analisis arahan ketinggian bangunan di Kota Semarang menunjukkan bahwa 57,98% dari luas Kota Semarang (21670,80 ha) diarahkan untuk bangunan dengan ketinggian maksimum 4 lantai dan 36,58% dari luas Kota Semarang (13674,25ha) diarahkan untuk bangunan >4 lantai. Wilayah yang sebagian besar diarahkan/diperbolehkan untuk bangunan >4 lantai terdapat di Kecamatan Gayamsari, Pedurungan, Semarang Timur, dan Semarang Tengah.

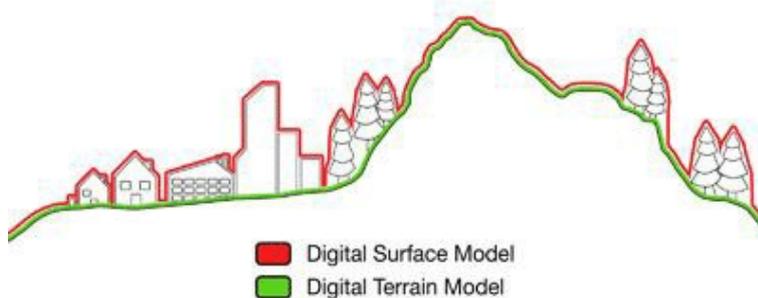


Sumber: Hasil Analisis, 2022

Gambar 5. Peta Arahan Ketinggian Bangunan di Kota Semarang

3.5. Kesesuaian Tinggi Bangunan Kota Semarang Tahun 2022 dengan Arahan Ketinggian Bangunan

Tinggi bangunan eksisting Kota Semarang Tahun 2022 dapat diketahui dengan memanfaatkan data LIDAR (*Light Detection and Ranging*). Data LIDAR dapat digunakan untuk mengamati model elevasi digital (DEM). Model elevasi ini terdiri dari dua jenis yakni DTM (*Digital Terrain model*) dan DSM (*Digital Surface Model*) (Li, Zhu, & Gold, 2004). DTM merepresentasikan elevasi permukaan tanah (*ground level*) (Li et al., 2004). Berdasarkan definisi dan ilustrasi Gambar 6, data ketinggian bangunan dapat diakuisisi melalui pengurangan nilai DSM dengan DTM dan statistik zonal pada area terbangun (Asharyanto et al., 2015).



Sumber: Asharyanto et al., 2015

Gambar 6. Ilustrasi Model DSM dan DTM

Kota Semarang menunjukkan bahwa 40,65% luasnya (15.194,26 ha) terdapat bangunan dengan ketinggian kurang dari 4 lantai dan sisanya merupakan kawasan non terbangun. Wilayah yang menunjukkan persentase ketinggian bangunannya <4 lantai yaitu Semarang Timur, Kecamatan Pedurungan, Kecamatan Gayamsari, dan Semarang Selatan. Persentase ketinggian bangunan yang sesuai dengan kemampuan pengembangan lahan Kota Semarang Tahun 2022 cukup besar yaitu 95,20%. Sedangkan yang tidak sesuai

menempati area seluas 1.792,54 ha (4,80). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian tentang Pemanfaatan Lidar untuk Evaluasi Ketinggian Bangunan di Kawasan Jalan Pandanaran Semarang yang dilakukan oleh Hajar et al., (2017), yang menyatakan bahwa beberapa bangunan di Jalan Pandanaran ketinggiannya tidak sesuai dengan ketentuan pemerintah. Dalam studi ini, Kawasan Pandanaran termasuk wilayah Kecamatan Semarang Selatan juga menunjukkan terdapat area seluas 13,86 ha ditempati bangunan dengan ketinggiannya kurang sesuai.

Tabel 12. Kesesuaian Tinggi Bangunan Kota Semarang Tahun 2022 dengan Arah Ketinggian Bangunan

No.	Kecamatan	Sesuai		Tidak Sesuai						Kota Semarang			
		Total		SNB <4		SNB >4		SK4 >4		Total			
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
1	Mijen	5.477,45	96,91	172,59	3,05	1,97	0,03	0,00	0,00	174,55	3,09	5.652,00	100,00
2	Gunung Pati	5.591,74	95,96	129,22	2,22	81,23	1,39	24,81	0,43	235,26	4,04	5.827,00	100,00
3	Banyumanik	2.496,54	83,95	350,41	11,78	83,49	2,81	43,56	1,46	477,46	16,05	2.974,00	100,00
4	Gajah Mungkur	704,15	75,39	173,42	18,57	10,20	1,09	46,23	4,95	229,85	24,61	934,00	100,00
5	Semarang Selatan	581,14	97,67	13,86	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	13,86	2,33	595,00	100,00
6	Candisari	345,87	54,04	276,35	43,18	0,62	0,10	17,15	2,68	294,13	45,96	640,00	100,00
7	Tembalang	3.928,11	99,52	0,00	0,00	18,89	0,48	0,00	0,00	18,89	0,48	3.947,00	100,00
8	Pedurungan	2.111,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.111,00	100,00
9	Genuk	2.598,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.598,00	100,00
10	Gayamsari	622,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	622,00	100,00
11	Semarang Timur	542,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	542,00	100,00
12	Semarang Utara	1.135,58	99,70	3,42	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	3,42	0,30	1.139,00	100,00
13	Semarang Tengah	517,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	517,00	100,00
14	Semarang Barat	2.133,97	98,43	12,78	0,59	21,26	0,98	0,00	0,00	34,03	1,57	2.168,00	100,00
15	Tugu	2.763,78	98,25	49,22	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	49,22	1,75	2.813,00	100,00
16	Ngaliyan	4.037,12	93,91	184,05	4,28	50,32	1,17	27,51	0,64	261,88	6,09	4.299,00	100,00
Kota Semarang		35.585,46	95,20	1.365,30	3,65	267,97	0,72	159,27	0,43	1.792,54	4,80	37.378,00	100,00

Keterangan

SNB <4	Seharusnya Non Bangunan Tetapi Eksisting <4 Lantai
SNB >4	Seharusnya Non Bangunan Tetapi Eksisting >4 Lantai
SK4 >4	Seharusnya < 4 Lantai Tetapi Eksisting >4 Lantai

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Persentase paling besar untuk tinggi bangunan yang tidak sesuai terdapat di Kecamatan Candisari sebesar 45,96% dari luas wilayah Kecamatannya. Area yang diarahkan untuk non bangunan ternyata sudah dimanfaatkan sebagai kawasan terbangun. Tinggi bangunan dikatakan tidak sesuai karena berada pada kemampuan lahan yang kurang tepat. Kelas kemampuan lahan sangat rendah dan rendah diarahkan untuk kawasan yang tidak ada bangunannya, kemampuan lahan kelas sedang dan agak tinggi diarahkan untuk bangunan dengan ketinggian maksimum empat lantai dan kemampuan lahan kelas sangat tinggi diarahkan untuk bangunan dengan ketinggian di atas empat lantai. Kesesuaian tinggi bangunan ditentukan berdasarkan kemampuan lahan dengan mempertimbangkan aspek fisik dan lingkungan meliputi: penggunaan lahan, geologi, jenis tanah, ketinggian absolut, kemiringan lereng, morfologi, curah hujan, rawan bencana. Tabel 12 menunjukkan Kesesuaian Tinggi bangunan di Kota Semarang. Kecamatan Candisari

merupakan Kecamatan yang mengalami perkembangan cukup pesat dalam pembangunan permukiman (Setiawan & Pigawati, 2018). Jika perkembangan ini tidak dipantau dengan baik dikawatirkan dapat memicu bertambahnya bangunan yang mengarah pada ketinggian yang kurang sesuai. Faktor kondisi lingkungan alamiah harus diperhatikan dalam penentuan batas ketinggian meskipun ketinggian lantai bangunan menyangkut hak seorang untuk menikmati sinar matahari dan hak seorang untuk menikmati keindahan alam.

4. KESIMPULAN

Kemampuan lahan untuk pengembangan Kota Semarang, menunjukkan tingkat kemampuan lahan agak tinggi (57,82%). Distribusi spasial, lahan dengan tingkat pengembangan rendah cenderung berada di bagian selatan Kota Semarang. Hal ini sebagai konsekuensi kondisi fisik alam Kota Semarang. Wilayah bagian selatan Kota Semarang menunjukkan adanya variasi topografi, morfologi, curah hujan, kerawanan bencana, serta faktor lainnya.

Arahan ketinggian bangunan mempunyai arti dibolehkannya bangunan dengan ketinggian maksimum sesuai kelas kemampuan lahannya. Bangunan yang ketinggiannya lebih rendah dari arahan/ketentuan berarti tetap dibolehkan. Hasil Analisis arahan ketinggian bangunan di Kota Semarang menunjukkan bahwa 57,98% dari luas Kota Semarang (21670,80 ha) diarahkan untuk bangunan dengan ketinggian maksimum 4 lantai dan 36,58% dari luas Kota Semarang (13674,25ha) diarahkan untuk bangunan >4 lantai. Wilayah yang sebagian besar diarahkan/dibolehkan untuk bangunan >4 lantai terdapat di Kecamatan Gayamsari, Pedurungan, Semarang Timur, dan Semarang Tengah.

Ketinggian bangunan eksisting Kota Semarang tahun 2022 dapat dibedakan menjadi 3 yaitu tidak ada bangunan, bangunan <4 lantai dan bangunan >4. Kota Semarang menunjukkan 19.737,37 ha (52,80%) merupakan kawasan yang tidak ada bangunannya dan 40,65% merupakan bangunan dengan ketinggian kurang dari 4 lantai. Terdapat bangunan yang tingginya tidak sesuai dengan arahan ketinggian bangunan seluas 1.792,54 ha (4,80%). Persentase paling besar untuk tinggi bangunan yang tidak sesuai ditemukan di wilayah Kecamatan Candisari sebesar 45,96%. Kecamatan Candisari saat ini menunjukkan perkembangan kawasan terbangun yang cukup pesat sehingga perlu dipantau pertambahan luas kawasan terbangunnya. Faktor kondisi fisik lingkungan alam harus tetap diperhatikan dalam mendirikan bangunan khususnya yang bertingkat.

5. PERNYATAAN RESMI

Terima kasih kepada Institusi Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk melakukan penelitian. Penelitian ini didanai oleh Dana RKAT Fakultas Teknik Tahun 2022, Universitas Diponegoro dengan skema Penelitian Strategis.

6. REFERENSI

- Asharyanto, H., Soeksmantono, B., & Wikantika, K. (2015). Three dimensional city building modelling with LiDAR data (case study: Ciwaruga, Bandung). *ACRS 2015 - 36th Asian Conference on Remote Sensing: Fostering Resilient Growth in Asia, Proceedings*, (September).
- Dai, F. C., Lee, C. F., & Zhang, X. H. (2001). GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology*, 61(4), 257–271. article.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Penataan Ruang. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 20/PRT/M/2007 tentang Pedoman Teknik Analisis Apek Fisik & Lingkungan, Ekonomi serta Sosial Budaya dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang*.
- Floyd.F Sabins, J. (1986). *Remote Sensing. Principle and Interpretations* (second edi). New York: W. H. Freeman and Company.
- Fuchu, D., Yuhai, L., & Sijing, W. (1994). Urban geology: a case study of Tongchuan city, Shaanxi Province, China. *Engineering Geology*, 38(1–2), 165–175. article.
- Goodchild, M. F. (1993). The state of GIS for environmental problem-solving. *Environmental Modeling with GIS*, 8. article.

- Hajar, A., Wijaya, A. P., & Bashit, N. (2017). Pemanfaatan Lidar untuk Evaluasi Ketinggian Bangunan di Kawasan Jalan Pandanaran, Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 361–370. article.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2009). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 Tentang Pedoman Penentuan Daya Dukung Lingkungan Hidup Dalam Penataan Ruang Wilayah* (article). Jakarta (ID): KLH.
- Laiko, F. (2010). *Pengembangan I Kabupaten Gorontalo Oleh : Program Pascasarjana Magister Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota*. Universitas Diponegoro.
- Li, Z., Zhu, C., & Gold, C. (2004). *Digital terrain modeling: principles and methodology*. CRC press.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, F. W. (1993). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. misc, Yogyakarta: UGM Press.
- Malingreau, J.-P., & Christiani, R. (1981). A land cover/land use classification for Indonesia. *Journal of Geography, Faculty of Geography, Gadjah Mada University*, 11(41), 13–50. article.
- N, C. D. T., & Pigawati, B. (2021). The Pattern of Settlement Distribution in Disaster Prone Areas of Semarang City, 23(2), 94–103.
- Ningrum, L., & Widyastuty, A. A. S. A. (2021). Evaluasi Kesesuaian Pemanfaatan Kawasan Peruntukan Industri di Kabupaten Lamongan. *SNHRP*, 412–429. article.
- Pemerintah Kota Semarang. (2011). *RTRW Kota Semarang Tahun 2011-2031*. Semarang. Retrieved from <http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/opac/themes/bappenas4/templateDetail.jsp?id=142160&lokasi=lokal>
- Pertiwi, N., Dewanti, A. N., & Kadri, M. K. (2021). Analisis Daya Dukung Lingkungan di Kelurahan Manggar Baru Balik Papan Provinsi Kalimantan Timur. *Ruang*, 7(1), 9–21.
- Pigawati, B., Sugiri, A., Putra, I., & Suryani, T. A. (2020). Prediction and location suitability of settlement growth at The BWK II of Semarang City. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 500, p. 12023). inproceedings.
- Saptiningsih, E., & Haryanti, S. (2015). The content of cellulose and lignin various sources of organic matter decomposition in the soil after the latosol. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 23(2), 34–42. article.
- Sejati, A. W., Rahayu, S., Pigawati, B., & Winarendri, J. (2018). The Ex-Ante Evaluation of Hotel Buildings Height in Airport Area: A Case of Hotel in Kaliwungu, Peri-Urban Area of Semarang. *Journal of Architectural Design and Urbanism*, 1(1), 31–39. article.
- Setiawan, I. A., & Pigawati, B. (2018). Dampak Pembangunan Perumahan Graha Candi Golf di Kota Semarang. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 143–152. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pwk/article/view/21418/20004>
- Suartika, G. A. M. (2010). Pengaturan batas ketinggian bangunan dalam menjaga keberlanjutan bentang alam dan lingkungan terbangun. *Jurnal Bumi Lestari*, 10, 146–158. article.
- Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Netherlands. misc, Printed Smith Publishers.
- Weng, Q. (2010). *Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications*. New York: McGraw-Hill Company.
- Wicaksono, T., & Sugiyanto, F. X. (2011). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Pemanfaatan Perumahan Untuk Tujuan Komersial Di Kawasan Tlogosari Kulon, Semarang* (phdthesis). Universitas Diponegoro.
- Wirawan, R. R., Kumurur, V. A., & Warouw, F. (2019). Daya dukung lingkungan berbasis kemampuan lahan di Kota Palu. *SPASIAL*, 6(1), 137–148. article.