

Kajian kelayakan jalur kereta api Kota Semarang berdasarkan analisis ancaman longsor, likuifaksi tanah, dan *space syntax*

Elisabeth Pilisra Amelina^{1,*}, Eldisya Martha Jebatu², David Suwarno Kusweanto³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katholik Soegijapranata, Kota Semarang, Indonesia

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katholik Soegijapranata, Kota Semarang, Indonesia

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katholik Soegijapranata, Kota Semarang, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Railway lines
Landslide
Soil liquefaction
Space Syntax

Corresponding Author:

Elisabeth Pilisra Amelina
elisabethpilisra04@gmail.com

Abstract

The railway line in Semarang is a legacy of Dutch colonialism in the 19th century and has yet to undergo any route changes. There are two active stations, namely Tawang Station and Poncol Station. The existence of this train line has a positive impact on economic activities and the mobilization of goods or services. However, this route is located in a low-lying topographic area. It is densely populated, making it possible for environmental problems or accidents to occur, impacting the train mode's effectiveness. Because of this, it's essential to assess and study rail lines in terms of their viability and transit capabilities. The research uses quantitative methods with secondary data from CPT soil testing results to determine the potential for soil liquefaction. Then, an analysis of the effectiveness of the train station is carried out using space syntax. The research results show that the train route is located in a lowland area with a high potential for soil liquefaction. Efforts to deal with carrying capacity problems are by compacting the soil. The slope is between 0-8%, so there is no potential for landslides to occur. Therefore, the existing train lines have functioned effectively and efficiently. Meanwhile, prevention of potential dangers from user factors and modes of transportation is carried out by enforcing relevant policies and regular security checks.

Keywords: Railway lines, landslide, soil liquefaction, and space syntax.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia

All rights reserved

Pendahuluan

Transportasi darat merupakan salah satu dari sistem transportasi multimoda yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi sehingga menjadi fokus pengembangan. Tingkat kompleksitas tersebut secara umum meliputi perencanaan jalur, tempat pemberhentian, jumlah penumpang, jenis moda, bahkan pendekatan ekosistem lingkungan (BAPPENAS, 2023). Hal ini dikarenakan banyaknya jaringan angkutan darat untuk mendukung aktivitas sehari-hari di sebagian besar daerah Indonesia (BPS, 2022). Meskipun demikian, pemilihan jenis

moda transportasi darat yang ada di setiap wilayah di Indonesia disesuaikan dengan kebutuhan, tingkat kepadatan, dan ketersediaan lahan yang ada di masing-masing wilayah (Wijanarko dan Ridlo., 2017).

Ibu kota Provinsi Jawa Tengah yang menempati peringkat wilayah metropolitan terbesar kelima di Indonesia adalah Kota Semarang (BAPPEDA Kota Semarang, 2021). Hal ini didukung dengan laju pertumbuhan ekonomi tertinggi dibandingkan dengan kabupaten/kota lain yang ada di Provinsi Jawa Tengah (BPS,

2023) selama kurang lebih lima tahun berturut-turut. Keadaan topografi Kota Semarang terdiri dari daerah pantai, dataran rendah, dan perbukitan (Kompas, 2022). Iklim Kota Semarang yang bersifat tropis hanya memungkinkan Kota Semarang memiliki dua musim yakni musim penghujan dan musim kemarau (BMKG, 2021). Keadaan geografis dan topografis inilah yang menjadi potensi pengembangan moda transportasi.

Secara historis jalur eksisting jalur kereta di Kota Semarang mulai berkembang pada abad ke-19 (Ratnawati, 2015). Keberadaan jalur kereta tersebut ditujukan sebagai jalur angkutan komoditas ekspor-impor kekayaan Indonesia. Namun, seiring perkembangan kebutuhan, jalur kereta api mulai dikembangkan sebagai jalur angkutan penumpang. Berdasarkan data Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (2023) panjang jalur kereta api yang aktif beroperasi di Pulau Jawa adalah 4.648,42 Km dengan jalur terpanjang berada di wilayah Jawa Tengah sebesar 1.599,76 km. Pengembangan konektivitas jalur kereta api didukung dengan peningkatan jumlah pengguna jasa transportasi Kereta Api selama lima tahun terakhir mencapai 7,83%.

Manfaat adanya moda transportasi kereta api di Semarang diantaranya penghubung zona tarikan industri (Rithoma, dkk., 2022), mobilisasi barang maupun manusia dengan kapasitas yang besar (Wijanarko dan Ridlo, 2017), mengurangi kemacetan, efektivitas waktu, dan efisiensi biaya (BAPPEDA Kota Semarang, 2021). Dibalik manfaat adanya jalur kereta api yang strategis dan futuristik terdapat bahaya kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan data Humas KAI Kota Semarang menyebutkan dalam kurun waktu tahu 2023 terdapat 54 kecelakaan kereta api (Kompas, 2023). Menurut Asri, dkk., (2017) kecelakaan lalu lintas suatu moda transportasi disebabkan oleh tiga faktor utama yang dirincikan menjadi faktor kendaraan (*vehicle*), faktor pengemudi (*road user*), dan faktor keadaan fisik dari lingkungan jalan (*road environment*).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji permasalahan kereta api di Kota Semarang sebagai upaya solutif meningkatkan kinerja pelayanan, keamanan, keselamatan, dan kenyamanan penggunaan kereta api. Penelitian yang dilakukan oleh Rithoma, dkk. (2023) menyimpulkan bahwa integrasi transportasi pengangkut barang terdiri dari Pelabuhan Tanjung Emas, stasiun, dan terminal bus memerlukan pengawasan terhadap bangkitan tarikan angkutan barang, pendataan angkutan, fasilitas parkir, dan studi kelayakan lanjutan. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Wijanarko dan Ridlo. (2017) menjelaskan bahwa kemacetan transportasi dipengaruhi adanya ketidakteraturan penataan jalur lalu lintas lokal, regional dan menerus sehingga terjadi peningkatan kapasitas jalan. Dampak lanjutan peningkatan kapasitas jalan adalah penurunan kinerja dan efektivitas pelayanan (Nenepath, dkk., 2016).

Berdasarkan uraian penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa diperlukan adanya evaluasi terhadap pemetaan jalur transportasi kereta yang ada di Kota Semarang. Penggunaan sistem kereta api peninggalan kolonialisme cenderung tidak mengalami evaluasi ataupun pemugaran pasca kemerdekaan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan pelayanan kereta api sekaligus perencanaan infrastruktur. Meskipun demikian, dalam penelitian ini dibatasi pada faktor keadaan lingkungan seperti kondisi struktur tanah, kemiringan lereng, dan pengaruh iklim. Hasil akhir penelitian ini adalah kajian terhadap efektivitas jalur kereta api eksisting terhadap kelayakan penggunaan moda transportasi kereta api.

Kajian Pustaka

Sejarah Perkembangan Kereta Api di Pulau Jawa

Sikap kapitalisme yang dimiliki oleh Pemerintahan Belanda mengalami perkembangan pesat pada abad ke-19 yang

disebabkan oleh dorongan dari berbagai kelompok usaha industri dan pendukung sistem kapitalis yang memiliki kekuasaan di parlemen Belanda. Salah satu pengaruh yang ditimbulkan adalah dikeluarkannya politik liberal dengan adanya peraturan mengenai pertanian dan Perkebunan berupa logistik gula pada tahun 1870. Dampak dari penerapan peraturan ini adalah kegiatan perekonomian yang berkembang pesat terutama pada sektor perkebunan dan pertambangan yang digunakan dalam industri ekspor. Pesatnya perkembangan perekonomian pada masa itu berdampak dilakukannya pembangunan sarana dan prasarana yang menunjang kegiatan perekonomian yaitu dengan pembangunan jaringan jalan kereta api.

Kolonel John Van Der Wijk menyarankan pembangunan jaringan kereta api, dan J. Trom, kepala insinyur divisi air dan konstruksi, menyetujuinya. Pada tahun 1860, Raja Willem III memberi T.J. Stilcjes, menteri urusan kolonial, memerintahkan untuk mempelajari pembangunan jaringan kereta api. Temuan T.J. Investigasi Stilcjes menunjukkan bahwa pembangunan jalur kereta api melalui Ungaran-Salatiga akan bermanfaat (Ratnawati, 2015).

Permulaan pembangunan rel kereta api di Indonesia dimulai dengan jalur kereta api pertama dengan rute Semarang-Tanggung pada 17 Juni 1864. Proyek ini berlokasi di Desa Kemijen Semarang dan dilaksanakan oleh *Nederlands Indische Spoorweg Maatschaj* (NISM) yang merupakan salah satu Perusahaan swasta pada masa itu. Pembangunan jalur kereta api pada masa kolonial sebagian besar dilakukan oleh perusahaan-perusahaan swasta. Pada 10 Agustus 1870, kereta api tersebut melakukan perjalanan pertamanya dan pada tahun 1874 proyek pembangunan jalur kereta api dilakukan dengan pembangunan rute kereta api ke Yogyakarta. NISM dalam mengelola jalur kereta api memiliki kantor pusat di Lawang Sewu. Sedangkan pemerintah membangun jalur pertama di Surabaya-Pasuruan-Malang pada tahun 1879.

Karena peran penting dari Kota Semarang bagi Belanda saat itu, maka dipilihlah kota ini dipilih sebagai lokasi utama pembangunan jalur kereta api. Pada masa itu, gula merupakan komoditas utama, dan Semarang berfungsi sebagai pusat administrasi dan perdagangan bagi pemerintah Belanda. Enam stasiun telah dibangun di Kota Semarang: Kemijen, Jurnatan, Jomblang, Pendikran, Tawang, dan Poncol. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan kereta api kota berkembang pesat. Didirikan pada tahun 1914, Stasiun Tawang dan Stasiun Poncol masih dimanfaatkan oleh berbagai kalangan sampai saat ini (Ratnawati, 2015). Gambar sistem jalur kereta api eksisting Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Stasiun dan Rel Kereta Aktif Kota Semarang

Setelah perang dunia kedua, Belanda meninggalkan Indonesia dan digantikan Jepang. Pada masa pemerintahan Jepang, jalur kereta api dimanfaatkan sebagai kendaraan militer. Maka dari itu pada masa pemerintahan Jepang perkembangan dan perawatan sarana dan prasarana kereta api tidak diperhatikan dengan baik (Kusuma, dkk, 2018).

Sejak tahun 1950, hampir semua perusahaan swasta yang mengelola kereta api pada masa colonial berada di bawah kendali DKA (Djawatan Kereta Api) yang merupakan perpaduan dari Djawatan Kereta Api Republik Indonesia (DKARI) dan *Staatsspoorwegen en Vereenigde Spoorweg*

Bedrijf (SS/VS). Oleh Pemerintah Indonesia, dilakukan perbaikan dengan program perbaikan lima tahun (1955-1959) dan tujuh tahun (1960-1967), namun tidak memperbaiki secara menyeluruh (Utama, 2021).

Rehabilitasi yang dilakukan jauh dari harapan karena kekurangan biaya, sedangkan pada masa itu Indonesia mengalami krisis keuangan. Perbaikan yang dilakukan oleh Pemerintah Indonesia saat itu hanya pada jalur utama saja, namun belum mencapai 50%. Sedangkan jalur cabang tidak mendapatkan perawatan dan perbaikan sehingga menurun baik segi kualitas dan kuantitasnya. Penggantian bantalan dan batang kereta api dilakukan hanya saat ada gangguan yang membahayakan operasi kegiatan. Keadaan jalur kereta api semakin buruk terutama pada jalur lintasan cabang, karena kurangnya perawatan dan usia yang semakin tua (Kusuma, dkk, 2018).

Pengaruh Curah Hujan dan Kemiringan Lereng

Erosi disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain vegetasi, jenis tanah, intensitas curah hujan, dan aktivitas manusia. Karena tetesan air hujan yang mendarat di permukaan tanah mengandung banyak energi kinetik dan berpotensi memecah partikel tanah, maka hujan deras yang terus-menerus dapat menyebabkan kondisi tanah menjadi tidak stabil. Selain itu, kekuatan daya dukung sebaran dan kerusakan tanah ditentukan oleh kuantitas curah hujan (Mardiatno dan Marfai, 2021).

Apabila kondisi tanah jenuh sehingga bersifat sulit untuk mengalami infiltrasi air, maka erosi tanah terjadi. Erosi ini bermula dengan air pada permukaan membawa butiran-butiran tanah (Laurentia dan Triweko, 2020). Akibat erosi, permeabilitas tanah meningkat dan permukaan air tanah meningkat karena kemampuan tanah dalam menyerap dan menahan air berkurang. Konsentrasi air tanah yang tinggi di dalam tanah menyebabkan kekuatan geser tanah semakin berkurang dan berpotensi

terjadinya tanah longsor. Erosi tanah berkorelasi langsung dengan intensitas curah hujan dan kemiringan lereng (Sitepu, dkk 2017).

Analisis Lokasi dengan Space Syntax

Space syntax analytical merupakan salah satu metode analisis konfigurasi ruang yang digunakan untuk menentukan fungsi tata letak, menunjukkan sudut pandang pengguna dari berbagai titik dalam suatu ruang dan menunjukkan tingkat kemudahan dan kesulitan dalam mencapai suatu ruang. Konsep *Space Syntax* dikemukakan oleh Ben Hillier dan Julienne Hanson pada tahun 1984. Analisis *Space Syntax* mempunyai tujuan akhir menghasilkan serangkaian kombinasi dari berbagai *polygon* visibilitas, grafik visibilitas, dan konektivitas ruang. Penelitian ini mendukung gagasan pengelompokan ruang karena konfigurasi ruang yang dihasilkan dari desain ulang yang memberikan korelasi yang baik antara konektivitas dan integritas suatu jaringan. (Permana, dkk, 2020). Pola jaringan jalan merupakan salah satu komponen utama dalam merancang kota, karena memberikan pengaruh pada kualitas ruang yaitu permeabilitas dan aksesibilitas. Permeabilitas merupakan salah satu parameter yang diukur dari interaksi antara komponen dengan sistem ruang dan sejauh mana konfigurasi ruang memberikan pilihan perjalanan dan aksesibilitas. (Liu, dkk, 2015). Konfigurasi ruang memiliki pengaruh besar terhadap pola dan frekuensi pergerakan yang dimiliki oleh individu, dan bisa disebut sebagai faktor utama dalam mempengaruhi pergerakan individu dalam suatu ruang. *Space syntax* digunakan untuk mengukur interaksi konfigurasi ruang. Dimensi yang ada diterapkan penguluran konsep dengan jarak topologi (*topological distance*) yang bisa disebut juga sebagai kedalaman (*depth*) (Siregar, 2014).

Likuifaksi Tanah dengan Metode Pengujian Tanah

Likuifaksi tanah menjadi masalah apabila mulai mengganggu dan mempengaruhi

kegiatan manusia dan sosial, seperti mengganggu fungsi sarana dan prasarana dalam masyarakat yang dapat berdampak pada bangunan, jaringan pipa yang ada di bawah tanah, jalan, jembatan, dan berbagai fasilitas umum lainnya. Penelitian potensi likuifaksi tanah dapat dilakukan melalui pengujian tanah CPT atau disebut juga sebagai *Cone Penetration Test* dan SPT atau *Standard Penetration Test*. Pada proyek beresiko rendah, metode CPT cocok apabila dikombinasikan dengan sampel selektif untuk memastikan jenis tanah serta perkiraan respon tanah yang *konservatif*, sedangkan untuk proyek sedang atau besar perlu dikombinasikan dengan pengujian in situ tambahan yang sesuai, serta pengambilan sampel *undisturbed* dan pengujian laboratorium untuk mengetahui respon tanah (Hore, dkk, 2020).

Prosedur pengujian CPT berlangsung dengan mendorong kerucut baja (konus) ke dalam tanah. Gaya yang dibutuhkan untuk mendorong konus ke dalam tanah disebut hambatan kerucut atau *qc*. Pada analisis likuifaksi nilai *qc* diperlukan untuk koreksi tegangan efektif vertikal. Pengujian CPT memiliki keuntungan yaitu dengan menggunakan sondir elektrik, maka pencatatan *qc* di bawah permukaan dapat dilakukan secara terus menerus. Namun pengujian CPT memiliki kelemahan yaitu sampel tanah tidak dapat diambil. Uji Penetrasi Kerucut (CPT) menghasilkan profil ketahanan penetrasi yang berkesinambungan sehingga mampu mendeteksi lapisan tipis yang dapat dicairkan dalam endapan tanah yang lebih besar dan stabil (Hore, dkk, 2020).

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang diterapkan dengan ukuran yang ada. Data yang diambil adalah data primer (hasil CPT) dan data sekunder berupa SHP (*Shape File*) (SHP Jalan Kota Semarang, SHP Curah Hujan, SHP Kemiringan Lereng, SHP Jenis Tanah, dan SHP Tutupan Lahan). Kriteria *skoring* masing-masing variabel yang digunakan

dalam penentuan ancaman tanah longsor Kota Semarang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Skor Ancaman Tanah Longsor

Parameter	Nilai	Skor	Bobot
Curah	>4000	5	30%
Hujan	3000-4000	4	
	2000-3000	3	
	1000-2000	2	
	<1000	1	
Kemiringan Lereng	>45	5	25%
	25-45	4	
	15-25	3	
	8-15	2	
	0-8	1	
Jenis Tanah	Regosol, Litosol	5	25%
	Andosol, Grumosol,	4	
	Podsolik		
	Mediteran	3	
	Latosol	2	
	Aluvial	1	
Guna Lahan	Lahan Kosong	5	20%
	Industri dan	4	
	Permukiman		
	Sawah Irigasi	3	
	Semak	2	
	Badan Air dan Hutan	1	
Total			100%

Sumber: Adi, dkk., 2023

Peta kawasan ancaman tanah longsor didapatkan melalui skoring dan *overlay* SHP Curah Hujan, SHP Kemiringan Lereng, SHP Jenis Tanah, dan SHP Tutupan Lahan. Klasifikasi zona ancaman longsor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Zona Ancaman Longsor

No	Nilai	Keterangan
1	1-1,8	Sangat Rendah
2	1,81-2,6	Rendah
3	2,61-3,4	Sedang
4	3,41-4,2	Tinggi
5	4,21-5	Sangat Tinggi

Sumber: Adi, dkk., 2023

Analisis untuk mendapatkan potensi likuifaksi tanah di Kota Semarang dilakukan dengan pengujian CPT. Parameter likuifaksi tanah adalah CSR, CRR, dan FS. Penentuan nilai CSR dapat dilakukan dengan Pers 1.

$$CSR = 0,1(M - 1) \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \frac{a \max}{g} (1 - 0,015) \quad (1)$$

σ_v = Tegangan total vertikal tanah

σ'_v = Tegangan efektif vertikal tanah

$a \max$ = Percepatan horizontal maksimum

g = Percepatan gravitasi

M = *Magnitude* gempa (Nilai yang digunakan untuk Kota Semarang adalah 2,7 M sesuai dengan gempa pada tahun 2021)

Nilai CRR dapat ditemukan dengan menggunakan Pers 2.

$$CRR = 0,1 + 0,2 \left\{ \frac{\left(\frac{q_{c1} - 50}{c_2} \right)}{250 - \left(\frac{q_{c1}}{c_2} \right)} \right\} \quad (2)$$

q_{c1} = Tahanan ujung yang dikoreksi

C_2 = Nilai C_2 didasarkan pada tekstur tanah

Nilai FS dapat ditemukan dengan menggunakan Pers 3.

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (3)$$

Penentuan nilai LPI (*Liquefaction Potential Index*) dapat dilakukan dengan Pers 4.

$$LPI = \int_0^{20m} Fw(z) dz \quad (4)$$

$F = (1-FS)$ untuk $FS < 1$ dan 0 untuk $FS > 1$

$W(z)$ = Faktor bobot kedalaman $(10-0,5z)$ z merupakan kedalaman dengan maksimum 20 m

Nilai LPI yang telah dirumuskan dapat diklasifikasi berdasarkan Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi LPI

No	Nilai LPI	Keterangan
1	0-5	Rendah
2	5-15	Tinggi
3	>15	Sangat Tinggi

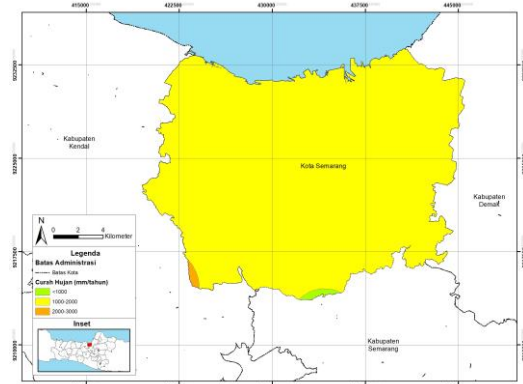
Sumber: Herawati, Yusa, dan Putra, 2020

Hasil uji pada titik-titik yang telah ditentukan dilakukan interpolasi IDW dengan aplikasi GIS. Hasil interpolasi ini ditetapkan untuk melihat kesesuaian rel kereta berdasarkan hasil CPT dan SPT. Analisis *space syntax* dilakukan dengan aplikasi *Depth Map* untuk menghasilkan peta kesesuaian lokasi stasiun kereta api Kota Semarang. Analisis ini menggunakan integrasi 5.000 m sebagai integrasi pada skala kota.

Hasil dan Pembahasan

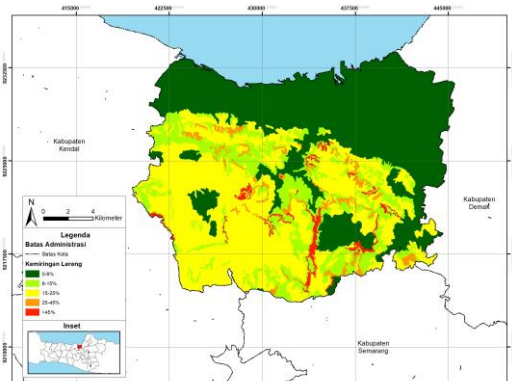
Ancaman Longsor Jalur Kereta Api

Ancaman longsor diperoleh dari empat variabel yakni, curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, dan guna lahan. Penggunaan lahan diklasifikasi sebagai lahan terbangun bernilai empat untuk mengukur ancaman longsor apabila seluruh wilayah Semarang sesuai untuk dibangun jalur kereta api. Adapun kondisi curah hujan di Kota Semarang dapat dilihat di Gambar 2.



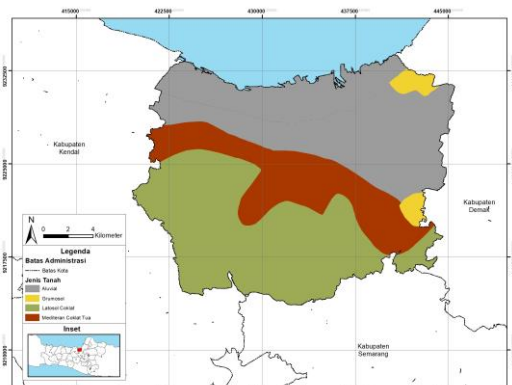
Gambar 2. Peta Curah Hujan Kota Semarang

Curah hujan di Kota Semarang berkisar antara 951 sampai 2.343 mm per tahun. Berdasarkan data titik pengamatan yang ada di Kota Semarang, dapat ditentukan bahwa terdapat tiga kategori curah hujan di Kota Semarang yakni, di bawah 1.000 (sangat rendah), 1.000-2.000 (rendah), dan 2.000-3.000 (sedang). Sebagian besar Kota Semarang memiliki kategori curah hujan sedang atau sebesar 2.000-3.000 mm tiap tahunnya. Kondisi kemiringan lereng Kota Semarang dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Kota Semarang

Kota Semarang memiliki kemiringan lereng yang bervariasi dengan sebagian besar lahannya memiliki kemiringan 0-8%. Kemiringan lereng 0-8% merupakan kemiringan lereng yang tidak mengakibatkan longsor, sehingga sebagian Kota Semarang memiliki potensi longsor yang kecil apabila hanya didasarkan pada kemiringan lereng saja. Variasi kemiringan lereng sebagian besar berada pada bagian Kota Semarang yang jauh dari laut, sehingga kontur yang ada lebih bervariasi dibandingkan dengan dataran yang berada dekat dengan laut. Peta jenis tanah yang ada di Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 4.

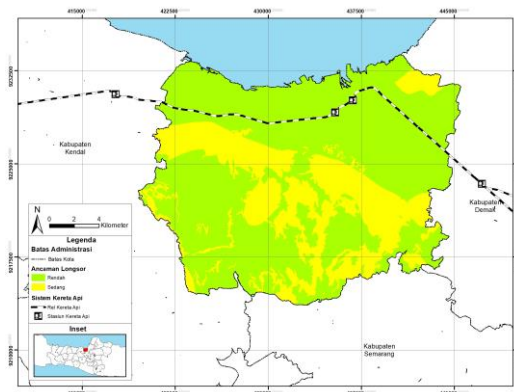


Gambar 4. Peta Jenis Tanah Kota Semarang

Jenis tanah pada dataran dekat dengan laut Kota Semarang didominasi oleh aluvial yang terjadi akibat endapan lumpur yang terbawa melalui sungai dan bermuara di dekat laut. Jenis tanah yang paling sedikit

ditemukan di Kota Semarang adalah jenis tanah Grumusol. Pada kawasan perbukitan Kota Semarang, Sebagian besar tanahnya didominasi oleh Latosol dan Mediteranian.

Berdasarkan ketiga peta ini, dilakukan skoring untuk menemukan ancaman bencana longsor di Kota Semarang. Peta ancaman longsor Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Ancaman Longsor Kota Semarang

Hasil skoring *overlay* yang dilakukan menunjukkan nilai ancaman longsor Kota Semarang berada di antara 1,85 sampai 3,4 yang termasuk ke dalam ancaman longsor rendah dan sedang. Sebagian besar Kota Semarang memiliki ancaman longsor yang rendah dan sisanya memiliki ancaman longsor sedang pada kasus penggunaan lahan jalur kereta api. Bobot skoring terbesar berasal dari curah hujan, namun dikarenakan Kota Semarang memiliki curah hujan yang cenderung homogen sehingga tidak berpengaruh pada keberagaman ancaman longsor di Kota Semarang. Jenis tanah merupakan indikator yang memiliki bobot terbesar kedua. Ini ditujukan pada daerah dengan tanah Grumusol termasuk dalam kategori ancaman longsor sedang pada hasil *overlay*, biarpun pada indikator lainnya bahaya longsor yang ada bernilai rendah. Sistem kereta api Kota Semarang semuanya telah masuk ke dalam kategori ancaman longsor rendah, sehingga tidak diperlukan mitigasi bencana longsor pada jalur kereta

api Kota Semarang (Lebendinger dan Lerman, 2019).

Potensi Likuifaksi Tanah Jalur Kereta Api

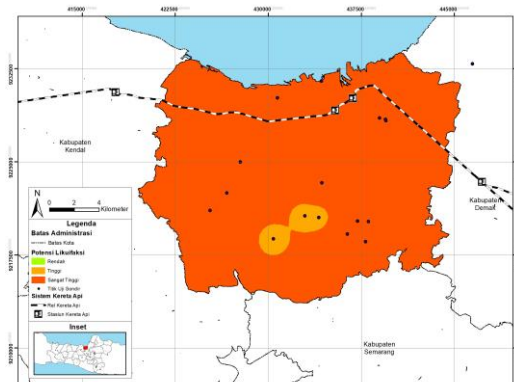
Pengujian CPT dilakukan pada 15 titik di Kota Semarang dan daerah yang bersebelahan dengan Kota Semarang. Hasil perhitungan LPI yang diperoleh dari pengujian CPT dapat dilihat dalam tabel 4.

Tabel 4. Likuifaksi Berdasarkan CPT

No	Lokasi	LPI	Keterangan
1	KIC	45,93	
2	UNIKA	41,96	
3	Jatingaleh		
4	UNIKA BSB	60,77	
5	Gereja St. Petrus	24,06	
6	Tembalang	17,03	
7	Jl. Gajah Raya	59,02	
8	Arteri Panggung Lor	66,22	Potensi Sangat Tinggi
9	Apartemen Alton	64,12	
10	Bandara Ahmad Yani	59,52	
11	ICT UNDIP	43,33	
12	Jalan Tol Demak-Semarang	65,52	
13	Gedung USM	64,10	
14	Hotel USM	64,17	
15	Kantin UNNES	7,97	
16	Masjid Roudlotul Ahmad Agung	8,36	Potensi Tinggi
17	FT UNNES	4,65	Potensi Rendah

Potensi likuifaksi tanah di Kota Semarang terbagi menjadi tiga yakni, potensi rendah, potensi tinggi, dan potensi sangat tinggi. Sebagian besar lokasi di Kota Semarang memiliki potensi likuifaksi tanah yang tinggi. Potensi rendah dan tinggi berada di sekitar Kecamatan Gunung Pati. Peta potensi likufaksi tanah di Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 6. Jalur kereta api

yang melintasi Kota Semarang berada pada lokasi tanah yang memiliki potensi likuifaksi tanah yang tinggi.



Gambar 6. Peta Potensi Likuifaksi Tanah Kota Semarang

Pada jalur kereta api dapat dimitigasi dengan memadatkan tanah yang menjadi tempat jalur kereta api. Selain itu, pencegahan juga dapat dilakukan dengan Pembangunan pondasi di bawah jalur kereta api, dikarenakan pada saat ini, jalur kereta api Kota Semarang masih banyak yang hanya terletak di atas tanah saja, sebagaimana peninggalan kolonialisme Belanda.

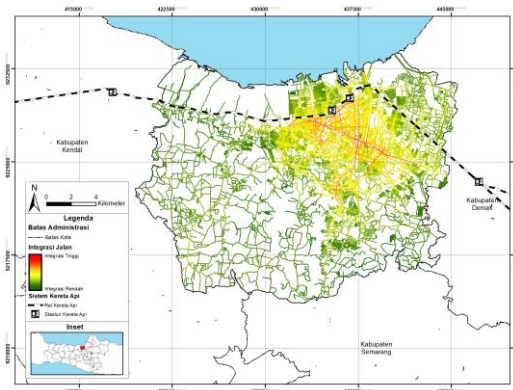
Space Syntax Stasiun Kereta Api

Space syntax yang digunakan pada analisis ini adalah integrasi 5.000 m di mana 5.000 m merupakan jarak perjalanan pada skala kota. Peta integrasi jalan 5.000 m berdasarkan space syntax dapat dilihat di Gambar 7.

Integrasi jalan yang baik menunjukkan aksesibilitas jalan tersebut. Tanpa integrasi yang baik, penggunaan suatu jalan menjadi tidak efisien dan mengakibatkan bertambahnya biaya logistik. Integrasi jalan yang baik memungkinkan perpindahan logistik yang lebih murah dan lebih cepat untuk dilakukan. Penyaluran logistik yang lebih efisien mendukung tujuan keberlanjutan dengan meminimalisir penggunaan energi yang digunakan dalam penyaluran logistik. Logistik ini tidak terkecuali logistik yang melalui jalur kereta api. Apabila suatu stasiun tidak berada pada lokasi yang memiliki integrasi jalan yang

baik, maka penyaluran logistik secara regional juga terhambat.

Integrasi jalan yang baik mengakibatkan masyarakat lebih tertarik menggunakan transportasi umum dan mengurangi penggunaan transportasi pribadi. Pengurangan transportasi pribadi mendukung ide keberlanjutan di mana transportasi pribadi merupakan salah satu penyumbang emisi karbon terbesar yang ada di dunia.



Gambar 7. Peta *Space Syntax* Stasiun Kereta Api Kota Semarang

Studi kasus di Kota Semarang menunjukkan bahwa kedua stasiun aktif yang ada (Stasiun Poncol dan Stasiun Tawang) berada pada jalan yang memiliki integrasi yang baik. Meskipun demikian, tidak menutup kemungkinan penggunaan jalur kereta tidak aktif dapat dihidupkan kembali dan pendirian stasiun kereta api dapat dilakukan pada kawasan jalan lainnya yang juga sudah terintegrasi dengan baik.

Kesimpulan dan Saran

Efektivitas dan efisiensi keberadaan jalur eksisting kereta api yang ada di Kota Semarang dipengaruhi dengan keadaan geografis dan topografis. Hal ini didukung dengan hasil ketiga pengujian terhadap faktor lingkungan berdasarkan data geografis dan topografi wilayah.

Jalur kereta api yang ada saat ini berada di wilayah dataran rendah dengan tingkat kemiringan 0-8% sehingga tidak berpotensi terjadi bencana tanah longsor. Meskipun

demikian jalur rel memiliki potensi likuifaksi tinggi yang dipengaruhi oleh jenis tanah lunak dengan daya dukung tanah yang rendah. Mitigasi dilakukan dengan melakukan pemadatan tanah. Kemudian, hasil pemodelan dengan *space syntax* membuktikan bahwa jalur kereta api yang ada telah terintegrasi dengan baik.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan secara keseluruhan jalur kereta api di Kota Semarang berfungsi dan daerah yang baik. Namun, tidak dapat dihindari adanya potensi yang dapat membahayakan pengguna baik. Oleh karena itu, penulis berharap penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam mengambil kebijakan terkait penertiban jalur kereta api yang dekat dengan pemukiman penduduk. Selain itu, penulis juga berharap penelitian ini dapat dikembangkan untuk mengetahui pengaruh jenis moda, keterjangkauan wilayah (zonasi), serta pengembangan jalur transportasi ramah lingkungan.

Pernyataan Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diungkapkan penulis kepada Universitas Katolik Soegijapranata, Kota Semarang yang telah memberikan pinjaman alat uji sondir dalam melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adi, W. T., Aghastya, A., Prihatanto, R., Cahyono, A. R., & Anwer, I. (2023). Landslide Susceptibility Assessment of a Railway Based on GIS Application. *Journal of Railway Transportation and Technology*, 2(2), 12-23.
- Ardiyanto, R., Aliyah, I., Yudana, G. (2020). *SPACE SYNTAX: Kesesuaian Lokasi RitelModern Berdasarkan Analisis Space Syntax*. Surakarta: Yayasan Kita Menulis. ISBN: 978-623-6512-84-5, 19-20.
- Aribudiman, N., Pramana, W., & Basoka, W. A. (2016). Liquefaction Potential Analysis Using SPT and CPT Data (Case Study: Benoa Area, Denpasar). In *The 3rd International Conference On Earthquake Engineering And Disaster Mitigation 2016 (Icedm-Iii 2016)* (Vol. 7).
- Asri, K. N., Saptono, H., Njatrijani, R. (2017). Pelaksanaan Asuransi Sosial pada PT Jasa Raharja (Persero) Terhadap Korban Kecelakaan Lalu Lintas di Kota Semarang. *Diponegoro Law*

- Journal*, 6(2),1-17, <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/dlr/>.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah/ BAPPEDA Kota Semarang (2021). Laporan Akhir Kajian Investasi Kora Semarang. Semarang: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah.
- Badan Pusat Statistik (2023). Pertumbuhan ekonomi Indonesia triwulan IV-2022. No. 15/02/Th. XXVI. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 3.
- Badan Pusat Statistik (2022). Statistik Transportasi Darat, Vol. 8. Jakarta: Badan Pusat Statistik, ISSN 2598-5612, 2
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kota Semarang (2021, Februari 06). Analisis Hujan Ekstrem Kota Semarang. Diambil dari: <https://www.bmkg.go.id/artikel/?p=analisis-hujan-ekstrem-kota-semarang-tanggal-06-februari-2021&lang=ID>.
- Daiswari, D. (2022, Agustus 10). Profil Kota Semarang, Ibu Kota Jawa Tengah. Diambil dari: <https://regional.kompas.com/read/2022/08/10/170018878/profil-kota-semarang-ibu-kota-jawa-tengah?page=all>.
- Herawati, F., Yusa, M., & Putra, A. I. (2020). Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Cone Penetration Test Dengan Metode Shibata Dan Teparaksa (Studi Kasus: Sekolah Al-Azhar Pekanbaru). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 7, 1-8.
- Hore, R., Chakraborty, S., Arefin, M., dan Ansari, M. (2020). CPT and SPT Test in Assessing Liquefaction Potential. *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, 51(4), 61-63.
- Lebendiger, Y., & Lerman, Y. (2019). Applying space syntax for surface rapid transit planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 128, 59-72.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (2023). Informasi Transportasi 2022 (Vol. 13), ISSN 2962-6722,19.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional/ BAPPENAS (2023). Rencana kerja pemerintah tahun 2024: Mempercepat Transformasi Ekonomi yang Inklusif dan Berkelanjutan. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, 49, 64, 81.
- Kusuma, R., Purnomo, A., Romadi. (2018). Sejarah Kereta Api Rute Semarang-Rembang Tahun 1967-1988. *Journal of Indonesian History*, 7(1), 57-58.
- Laurentia, I. S. C., & Triweko, I. R. W. (2020). *Konservasi Tanah Dan Air*. CV. Pilar Nusantara.
- Liu, J., Wu, D., Hidetosi, F., & Gao, W. (2015). Investigation and analysis of urban spatial structure around the train stations in Kitakyushu by using Space Syntax and GIS. *Open Journal of Civil Engineering*, 5(01), 97.
- Mardiatno, D., & Marfai, M. A. (2021). *Analisis bencana untuk pengelolaan daerah aliran sungai (das): studi kasus kawasan hulu das Comal*. Ugm Press.
- Nenepath, A. I., Bate'e, J. I. S., Pudjianto, B., dan Kushardjoko, W. (2016). Evaluasi Kinerja Operasional Angkutan Kereta Api Kamandaka Jurusan Semarang-Purwokerto. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(1), 25-36, <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>.
- Permana, A. Y., Permana, A. F. S., dan Andriyana, D. (2020). Konfigurasi Ruang Berdasarkan Kualitas Konektivitas Ruang Dalam Perancangan Kantor: Space Syntax Analysis. *Jurnal Arsitektur Zonasi*, 3(2), 156.
- Ratnawati, Y. (2015). Perkembangan Perkeretaapian pada Masa Kolonial di Semarang Tahun 1867-1901. *Journal of Indonesian History*, 3(2), 66.
- Rithoma, R., Zubet, M. A., Rendrarpoetri, B. L., dan Fitasari, N. (2022). Studi Integrasi Angkutan Barang Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 16(1), 34-43.
- Siregar, J., dan Parlindungan. (2014). Modul 01 Space Syntax Metodologi Dasar Space Syntax dalam Analisis Konfigurasi Ruang. Malang: Universitas Brawijaya, 2.
- Sitepu, F., Selintung, M., dan Harianto, T. (2017). Pengaruh Intensitas Curah Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Erosi yang Berpotensi Longsor. *Jurnal Penelitian Engineering (JPE)-UNHAS*, 2(1), 23. Doi: 10.25042/jpe.052017.03.
- Utama, N. J. (2021, May). The land transportation network in Semarang City in the early 20th century. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 747, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.
- Wijanarko, I., dan Ridlo, M. A. (2017). Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Kemacetan Studi Kasus: Kawasan Sukun Banyumanik Kota Semarang. *Jurnal Planologi*, 14(1), ISSN: 1829-9172, 63-74.
- Yusuf, M. D. dan Utomo, A. P. (2023, Juli 2023). Dalam setahun ada 54 kecelakaan di perlintasan sebidang kereta Daop 4 Semarang, terungkap ada ratusan yang tidak dijaga. Diambil dari: <https://regional.kompas.com/read/2023/07/26/140159078/dalam-setahun-ada-54-kecelakaan-di-pelintasan-sebidang-kereta-daop-4>.