

Pemodelan Kondisi Geologi Teknik Daerah Amblesan Tanah Jalan Semarang Outer Ring Road (SORR)

Hendra Masvika¹, Dhamang Budi Cahyono², Sri Wanto³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang
¹hendramasvika@usm.ac.id, ²dhamangbudicahyono@usm.ac.id, ³sriwanto0808@gmail.com

Abstract

The Semarang Outer Ring Road (SORR) project which is located on soft soil has the potential to experience land subsidence due to consolidation. The consolidation settlement is predicted to continue along with the length of time the consolidation is completed. It is necessary to study subsurface engineering geology to obtain an overview of the structure of the soil layers and the thickness of the soft soil layer that has the potential to undergo consolidation. Based on the data of 4 borehole points and the results of laboratory tests, evaluation and correlation were carried out to obtain the stratigraphy of the soil layer. The stratigraphic results showed that the total depth of the soil investigation was 50 m, with the surface soil layers generally consisting of embankment soil, sandy clay, sandy silt, and clayey silt. The distribution of clay and silt with very soft to medium consistency dominates the soil layer structure with a thickness varying between 15.50-28.00 m. This condition has the potential to cause an increase in the magnitude and rate of consolidation due to the surface loading of the embankment soil.

Keywords: *Stratigraphy, Consolidation, Soft Soil, Embankment.*

1. Pendahuluan

Pemerintah Kota Semarang telah menyusun rencana pengembangan jaringan jalan di wilayah pesisir utara Kota Semarang dengan tujuan untuk mengurangi beban jalan di kawasan perkotaan. Peningkatan beban jalan pada kawasan perkotaan dapat ditandai dengan bertambahnya waktu tempuh kendaraan dan semakin padatnya arus lalu lintas. Rencana pengembangan jaringan jalan yang dilakukan oleh Pemerintah Kota Semarang yaitu dengan membangun Jalan Semarang Outer Ring Road (SORR) sebagai solusi alternatif untuk mengurai beban pada jalan perkotaan. Jalan SORR merupakan sistem jaringan jalan yang dirancang untuk mencegat dan mengarahkan arus regional atau nasional yang bersifat lintasan agar tidak membebani ruas jalan yang berada di kawasan perkotaan [1], [2]. Dengan adanya pembangunan Jalan SORR diharapkan dapat memberikan dampak positif berupa pengurangan waktu tempuh dan terbukanya sentra-sentra ekonomi baru disepanjang jalur yang dilewati oleh Jalan SORR tersebut.

Trase ruas Jalan SORR direncanakan melewati beberapa kawasan strategis Kota Semarang, meliputi wilayah Kecamatan Gunungpati, Mijen, Tugu, Semarang Utara, Genuk, Pedurungan hingga Banyumanik. Rencana jaringan jalan SORR terbagi menjadi 3 bagian utama yaitu Outer Ring Road Barat (Mangkang, Mijen, Gunungpati), Outer Ring Road Timur (Kaligawe, Pudak Payung), dan Outer Ring Road Utara (Kaligawe, Tugurejo, Mangkang) [3]. Dari ketiga bagian rencana jalan di atas, salah satu yang perlu menjadi perhatian adalah trase Jalan SORR yang berada di sisi utara Kota Semarang. Dimana kondisi geografi pada jalur ini sebagian besar berupa daerah pesisir pantai, area persawahan dan tambak, serta kawasan industri yang berdiri di atas endapan *alluvium* berupa tanah lempung lunak. Hal ini didukung oleh hasil kajian geospasial yang menyatakan bahwa bagian utara Kota Semarang mempunyai tingkat penurunan tanah yang cukup besar mencapai 6-9 cm/tahun dan 9-15 cm/tahun pada sisi timur dan utara [4], [5], [6]. Diduga penurunan tanah yang terjadi disebabkan oleh

proses konsolidasi pada tanah lempung lunak [7]. Gambaran mengenai dampak negatif penurunan tanah akibat konsolidasi dapat dilihat sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Dampak Negatif Penurunan Tanah

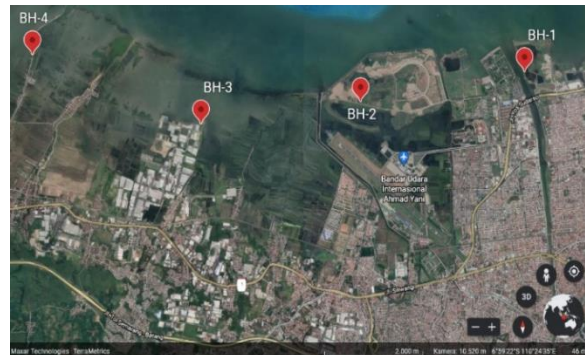
Besarnya penurunan konsolidasi juga dipengaruhi oleh ketebalan lapisan tanah lunak. Semakin tebal lapisan tanah lunak maka semakin besar tekanan *overburden* tanah, sehingga semakin besar pula potensi penurunan tanah yang terjadi. Kajian geologi bawah permukaan wilayah amblesan tanah di Kota Semarang, menyatakan bahwa terdapat lapisan tanah lempung lunak cukup tebal berada pada kedalaman 5-60 m dan lebih dari 60 m yang berpotensi mengalami konsolidasi [8]. Sebaran tanah lempung semakin menebal ke arah utara (pesisir pantai), sedangkan sisi selatan cenderung menebal tanah lempung-lanau perselingan pasir [9], [10], [11]. Untuk mengetahui gambaran struktur lapisan tanah penyusun dan lapisan tanah yang berpotensi mengalami konsolidasi, diperlukan stratigrafi lapisan tanah. Hasil stratigrafi yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi sebaran dan urutan pelapisan tanah. Melalui pemodelan geologi teknik bawah permukaan juga dapat dihitung potensi besar dan laju penurunan tanah berdasarkan data sebaran dan ketebalan lapisan tanah konsolidasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran stratigrafi lapisan tanah, sehingga dapat diketahui struktur lapisan tanah penyusun yang berpotensi mengalami penurunan tanah akibat proses konsolidasi. Investigasi geologi teknik diperlukan untuk mengetahui karakteristik tanah yang berada di daerah dengan potensi penurunan tanah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan kepada

instansi terkait guna mencegah risiko bahaya penurunan tanah baik pada tahap perencanaan maupun terhadap kondisi eksisting bangunan dan infrastruktur yang ada.

2. Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data sekunder berupa laporan penyelidikan tanah yang berasal dari laboratorium mekanika tanah. Laporan investigasi penyelidikan tanah umumnya dibuat untuk pekerjaan perencanaan bangunan, sehingga untuk mendapatkan parameter *index properties* dan *engineering properties* tanah pada kedalaman yang diinginkan maka dapat dilakukan pendekatan korelasi. Data yang digunakan merupakan data hasil uji bor termasuk didalamnya uji laboratorium tahun 2014, yang terdiri dari 4 titik bor yang berada di daerah Panggung Lor-Mangkang Kulon Kota Semarang. Adapun untuk titik lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik Lokasi Penelitian

Stratigrafi lapisan tanah dilakukan dengan cara menghubungkan antar titik bor yang diperoleh. Data hasil uji bor menampilkan profil lapisan tanah secara visual, konsistensi atau kepadatan tanah, elevasi muka air tanah, dan nilai N-SPT. Korelasi antar titik bor dilakukan untuk mendapatkan gambaran potongan melintang pelapisan tanah. Selanjutnya dilakukan evaluasi mengenai deskripsi jenis tanah dari profil bor untuk memastikan kesesuaian antara deskripsi tanah secara visual dengan hasil uji indeks properti tanah. Digunakan *British Standards 5930:1999* untuk mengevaluasi deskripsi jenis tanah tersebut [12]. Nilai konsistensi tanah dapat ditentukan secara pendekatan berdasarkan nilai N-SPT sebagaimana dalam [13].

Dikarenakan jarak antar titik bor yang terlalu jauh, maka menjadi sulit untuk mengetahui detail lapisan tanah sepanjang jarak horizontal titik bor tersebut. Oleh sebab itu, bagian yang didetailkan dalam stratigrafi untuk 1 titik bor dibatasi hanya dalam radius 60 m [14]. Selain itu, juga ditentukan lapisan tanah yang berpotensi mengalami konsolidasi berdasarkan tingkat konsistensi tanah. Diasumsikan konsolidasi hanya terjadi pada tanah lempung dan lanau dengan konsistensi sangat lunak sampai dengan medium [15], sedangkan tanah pasir dianggap tidak mempunyai kontribusi yang signifikan terhadap total penurunan tanah secara keseluruhan. Hasil stratigrafi lapisan tanah ditampilkan berupa gambar potongan melintang struktur lapisan tanah yang menghubungkan antar titik bor.

3. Hasil dan Analisa

Titik lokasi penelitian berada disepanjang daerah antara Panggung Lor-Mangkang Kulon Kota Semarang (sebelah utara Jalan Arteri Utara-Mangkang), terletak disekitar lokasi trase rencana pembangunan Jalan *SORR*. Stratigrafi lapisan tanah dibuat berdasarkan data profil titik bor (*borehole*) dengan kedalaman pengeboran antara 40-50 m. Data hasil uji laboratorium *index properties* dan *engineering properties* untuk setiap kedalaman tanah yang ditinjau ditunjukkan oleh Tabel 1. Adapun tipikal profil *borehole* pada masing-masing titik ditunjukkan sebagaimana pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 6.

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 3, diketahui bahwa lokasi Titik BH-1 (Muara Banjir Kanal Barat, Kelurahan Panggung Lor) mempunyai lapisan tanah permukaan berupa tanah timbunan setebal 5 m. Lapisan tanah berikutnya berupa tanah lanau kepasiran dan lanau kelempungan serta didominasi oleh tanah lempung dengan ketebalan mencapai lebih dari 30 m. Tanah lempung pada kedalaman antara 10,50-20,50 m dengan N-SPT 2-6, berat volume tanah 1,601-1,628 gr/cm³ dan *PI* 30,56-32,29 % mempunyai konsistensi sangat lunak sampai dengan medium. Pada kedalaman 20,50-45,00 m lapisan tanah berupa tanah lempung, lempung kelanauan dan lempung kepasiran dengan konsistensi kaku

sampai dengan sangat kaku dengan N-SPT 13-41, *PI* 28,46-30,75 %, dan berat volume tanah 1,638-1,716 gr/cm³. Hingga akhir pengeboran pada kedalaman 45 m masih berupa tanah lempung dengan konsistensi sangat kaku.

Pada Titik BH-2 sebagaimana pada Tabel 1 dan Gambar 4, diketahui terdapat lapisan tanah lanau kepasiran dan pasir berada di bawah tanah timbunan setebal 1,5 m. Ditemukan adanya lensa pasir pada elevasi 35,00-39,00 m di bawah permukaan tanah. Lapisan tanah yang dominan berupa tanah lempung dengan konsistensi sangat lunak sampai medium berada pada kedalaman 7,50-21,00 m dengan N-SPT 1-8, *PI* 31,14-32,05 %, dan berat volume tanah 1,604-1,626 gr/cm³. Selanjutnya, pada elevasi 21,00-50,00 m dijumpai tanah lempung dengan konsistensi kaku sampai sangat kaku dengan N-SPT 16-29, *PI* 25,79-31,59 %, dan mempunyai berat volume tanah 1,641-1,708 gr/cm³. Lokasi Titik BH-2 ini berada di daerah Pantai Maron-Muara Kali Silandak.

Sebaran lapisan tanah pada Titik BH-3 yang berada di daerah Kecamatan Tugu didominasi oleh lapisan tanah lempung dengan tebal mencapai 37 m. Lapisan tanah penutup berupa tanah timbunan setinggi 1 m dan lanau kelempungan setebal 2 m. Sebagaimana pada Gambar 5 dan Tabel 1, tanah lempung dengan konsistensi sangat lunak sampai medium berada di bawah lapisan lanau kelempungan pada kedalaman antara 4,00-28,00 m dengan nilai N-SPT 0-7, *PI* 27,93-30,71 %, dan berat volume tanah 1,590-1,671 gr/cm³. Profil bor berikutnya pada elevasi 28,00-40,00 m terlihat adanya lapisan tanah lempung kaku dengan nilai N-SPT 10-24, *PI* 28,66-29,78 %, dan berat volume tanah 1,628-1,647 gr/cm³. Hingga akhir pengeboran pada kedalaman 50 m, tidak ditemukan adanya lapisan tanah keras. Keberadaan lapisan tanah lempung lunak yang cukup tebal pada Titik BH-3 perlu menjadi perhatian karena berpotensi mengalami penurunan tanah secara alamiah akibat proses konsolidasi.

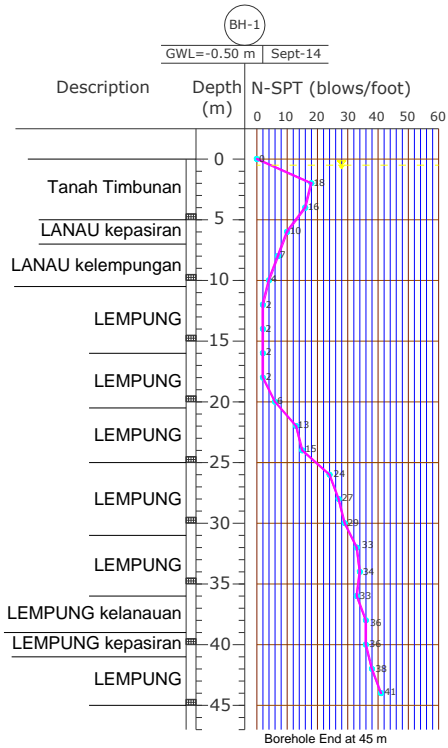
Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 1, Titik BH-4 berada di daerah Jalan Irigasi Utara (Jalan Kyai Gilang)-Mangkang Kulon, menunjukkan adanya lapisan tanah lempung kepasiran setebal 6 m

berada di atas tanah timbunan setinggi 1 m. Lempung kepasiran dengan N-SPT 1-3, *PI* 27,83 % dan berat volume tanah 1,607 gr/cm³ termasuk jenis tanah lempung konsistensi lunak. Profil *borehole* pada kedalaman 7,00-18,00 m menunjukkan adanya tanah lempung sangat lunak sampai medium mempunyai N-SPT 2-9, *PI* 30,10-31,43 %, dan berat volume tanah 1,602-1,611 gr/cm³. Lapisan tanah berikutnya

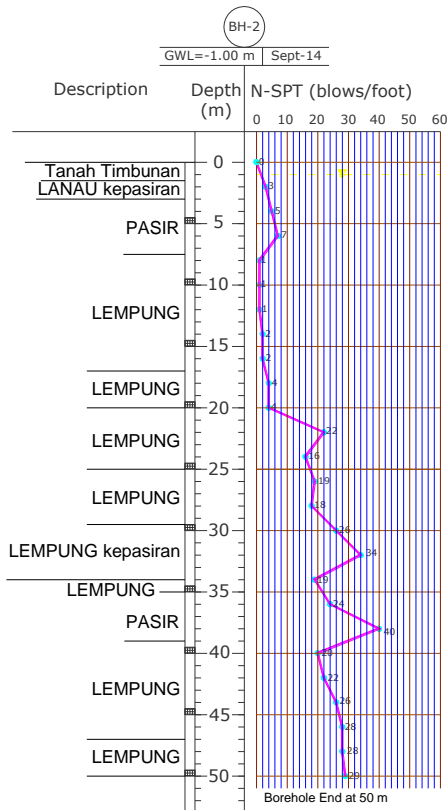
adalah tanah lempung, lempung kepasiran dan perselingan pasir berada pada kedalaman 18,00-50,00 m dengan N-SPT 10-39, *PI* 27,48-32,58% dan berat volume tanah 1,619-1,709 gr/cm³ mempunyai konsistensi kaku sampai dengan sangat kaku. Akhir pengeboran pada kedalaman 50 m berupa tanah lempung dengan konsistensi sangat kaku.

Tabel 1. Hasil Uji *Index properties* dan *Engineering properties*

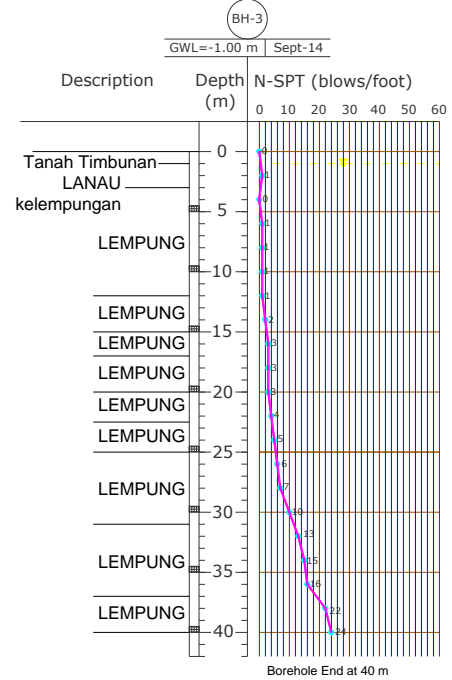
No	Titik	Kedalaman (m)	w (%)	G _s	γ (gr/cm ³)	n (%)	e	Plasticity test			Direct shear test	
								LL (%)	PL (%)	PI (%)	C (kg/cm ²)	φ (°)
1	BH-1	-04.50-05.00	32.31	2.693	1.695	52.43	1.102	NP	NP	NP	0.08	23
		-09.50-10.00	34.02	2.681	1.647	54.15	1.181	NP	NP	NP	0.08	18
		-14.50-15.00	68.42	2.601	1.601	63.45	1.736	63.95	31.66	32.29	0.11	4
		-19.50-20.00	60.06	2.615	1.628	61.10	1.571	65.40	34.84	30.56	0.12	10
		-24.50-25.00	50.18	2.624	1.638	58.42	1.405	62.40	31.74	30.66	0.18	18
		-29.50-30.00	42.31	2.649	1.667	55.78	1.262	63.60	32.85	30.75	0.30	24
		-34.50-35.00	38.46	2.679	1.680	54.70	1.207	58.50	27.80	30.70	0.33	27
		-39.50-40.00	30.85	2.689	1.702	51.63	1.067	55.40	26.27	29.13	0.19	29
-44.50-45.00	31.01	2.695	1.716	51.40	1.058	60.20	31.74	28.46	0.44	27		
2	BH-2	-04.50-05.00	30.34	2.661	1.693	51.18	1.048	NP	NP	NP	0.03	20
		-09.50-10.00	70.12	2.612	1.609	63.79	1.761	67.50	36.36	31.14	0.08	3
		-14.50-15.00	67.74	2.603	1.604	63.25	1.721	66.30	34.77	31.53	0.10	4
		-19.50-20.00	60.71	2.622	1.626	61.42	1.592	64.70	32.65	32.05	0.12	6
		-24.50-25.00	50.98	2.639	1.641	58.82	1.429	64.60	34.80	29.80	0.16	18
		-29.50-30.00	32.85	2.664	1.671	52.78	1.118	55.20	29.41	25.79	0.19	25
		-34.50-35.00	36.86	2.657	1.641	54.87	1.216	61.00	29.41	31.59	0.26	20
		-39.50-40.00	32.84	2.679	1.689	52.52	1.106	64.30	33.93	30.37	0.28	24
-44.50-45.00	30.32	2.671	1.700	51.16	1.047	63.20	33.87	29.33	0.34	24		
-49.50-50.00	28.14	2.686	1.708	50.36	1.014	61.50	32.81	28.69	0.40	26		
3	BH-3	-04.50-05.00	82.86	2.582	1.590	66.32	1.969	56.50	27.91	28.59	0.08	2
		-09.50-10.00	80.47	2.590	1.592	65.95	1.937	57.30	28.99	28.31	0.09	2
		-14.50-15.00	72.03	2.602	1.597	64.31	1.802	56.00	27.32	28.68	0.11	6
		-19.50-20.00	66.52	2.609	1.603	63.12	1.712	55.50	27.32	27.93	0.12	12
		-24.50-25.00	65.23	2.616	1.618	62.57	1.671	61.00	30.29	30.71	0.16	14
		-29.50-30.00	60.73	2.623	1.628	61.38	1.589	62.35	32.75	29.60	0.18	15
		-34.50-35.00	54.42	2.629	1.629	59.89	1.493	60.60	30.82	29.78	0.25	19
		-39.50-40.00	50.03	2.639	1.647	58.42	1.405	59.45	30.79	28.66	0.28	22
4	BH-4	-04.50-05.00	66.18	2.610	1.607	62.95	1.699	55.70	27.87	27.83	0.09	5
		-09.50-10.00	76.19	2.602	1.602	65.07	1.863	60.10	30.00	30.10	0.12	2
		-14.50-15.00	68.81	2.607	1.611	63.41	1.733	66.00	34.57	31.43	0.12	3
		-19.50-20.00	64.02	2.609	1.619	62.18	1.644	67.25	34.67	32.58	0.13	6
		-24.50-25.00	60.00	2.624	1.622	61.38	1.589	69.60	34.89	34.71	0.18	14
		-29.50-30.00	52.86	2.652	1.638	59.60	1.476	56.80	29.32	27.48	0.18	20
		-34.50-35.00	40.90	2.669	1.674	55.47	1.246	55.30	27.45	27.85	0.22	28
		-39.50-40.00	41.76	2.656	1.688	55.17	1.230	66.60	35.76	30.84	0.26	26
-44.50-45.00	40.81	2.666	1.688	55.02	1.223	68.00	38.71	29.29	0.31	27		
-49.50-50.00	38.16	2.668	1.709	53.62	1.156	65.25	36.27	28.98	0.39	28		



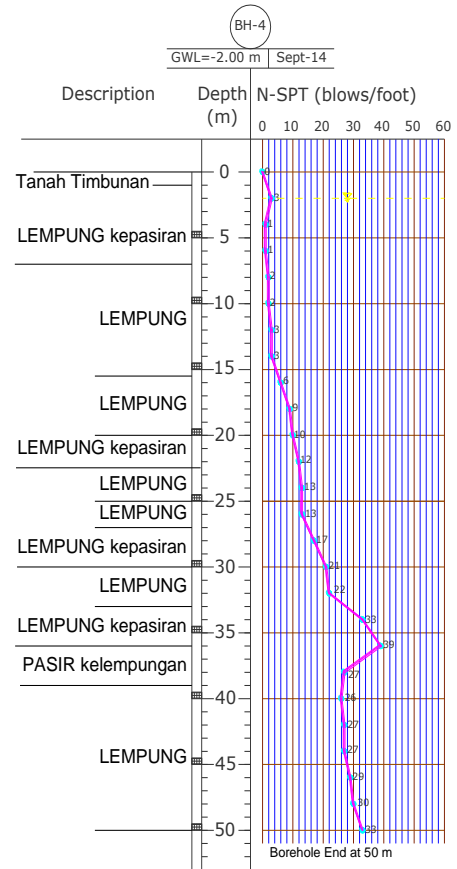
Gambar 3. Profil Titik Bor BH-1



Gambar 4. Profil Titik Bor BH-2



Gambar 5. Profil Titik Bor BH-3

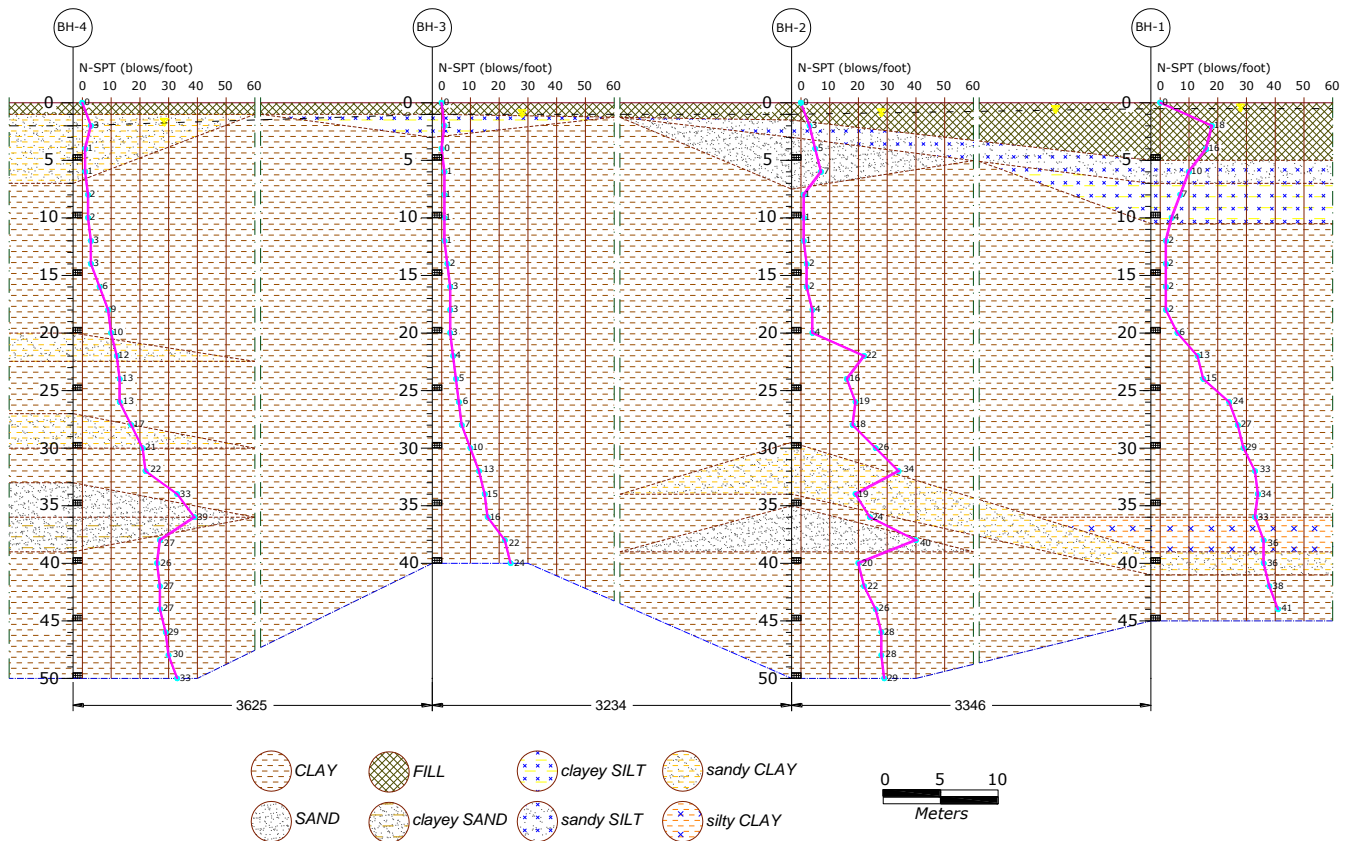


Gambar 6. Profil Titik Bor BH-4

Berdasarkan profil *borehole* Gambar 3 sampai dengan Gambar 6, dapat diperoleh data tipikal pelapisan tanah dan kedalaman penyelidikan tanah di empat titik lokasi penelitian. Langkah berikutnya adalah stratigrafi lapisan tanah, dengan cara menghubungkan titik *borehole* atau mengkorelasikan lapisan tanah yang mempunyai kesesuaian jenis tanah. Batas antara lapisan tanah yang diketahui jenis tanah dan elevasinya dikenal sebagai batas pasti, sedangkan untuk batas lapisan tanah yang tidak diketahui elevasinya, maka dapat diasumsikan secara pendekatan. Stratigrafi lapisan tanah diperlukan untuk mendapatkan gambaran mengenai struktur lapisan tanah penyusun serta hubungannya dengan lapisan tanah konsolidasi serta penurunan tanah. Adapun hasil stratigrafi lapisan tanah pada 4 titik penelitian dapat dilihat sebagaimana pada Gambar 7.

Pemodelan geologi teknik bawah permukaan melalui stratigrafi lapisan tanah pada Gambar 7,

menunjukkan bahwa sebagian besar tanah penyusun di wilayah Pesisir Pantai Utara sisi Barat Kota Semarang didominasi oleh tanah lempung. Lapisan tanah lempung cukup tebal ditemukan sepanjang jalur Muara Kali Banjir Kanal Barat, Pantai Maron, Tugu, sampai dengan Mangkang Kulon. Adapun untuk lapisan tanah penutup umumnya berupa tanah timbunan. Hal ini menunjukkan bahwa, terdapat upaya peninggian elevasi permukaan tanah pada periode sebelumnya. Selain itu, pada bagian Utara sisi Timur Kota Semarang di daerah Muara Banjir Kanal Barat sampai Pantai Maron-Muara Kali Silandak (Titik BH-1 dan Titik BH-2), terdapat lapisan tanah lanau kepasiran dan lanau kelempungan yang berada di bawah tanah timbunan. Pada Titik BH-2 dan Titik BH-4 ditemukan adanya lensa pasir yang terletak di antara lapisan tanah lempung. Hingga akhir pengeboran pada kedalaman 50 m belum ditemukan tanah keras.



Gambar 7. Stratigrafi Lapisan Tanah

Berdasarkan interpretasi titik *borehole* dan evaluasi data *index properties* dan *engineering properties* pada tahapan sebelumnya, diketahui terdapat lapisan tanah lempung dan lanau dengan konsistensi sangat lunak sampai dengan medium yang cukup tebal. Lapisan tanah lunak yang cukup tebal tersebut dapat dipetakan persebarannya berdasarkan nilai N-SPT. Sehingga dapat diketahui informasi mengenai jenis tanah, konsistensi dan ketebalan lapisan tanah konsolidasi untuk setiap titik penelitian. Adapun ketebalan lapisan tanah konsolidasi dapat dilihat sebagaimana pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 5. Selanjutnya dapat dilakukan analisis perhitungan besar dan laju penurunan konsolidasi tanah menggunakan metode 1 D Terzaghi atau metode numerik. Penurunan konsolidasi tanah yang terjadi pada tanah lempung dan lanau dengan konsistensi sangat lunak sampai dengan medium merupakan penurunan tanah akibat konsolidasi primer.

Tabel 2. Lapisan Tanah Konsolidasi Titik BH-1

Titik No	Jenis tanah	Konsistensi	N-SPT	Tebal (m)
BH-1 (Muara Banjir Kanal Barat)				
1	Tanah timbunan	-	-	5
2	Lanau kepasiran	Medium	10	2
3	Lanau kelempungan	Medium	7	2
		Lunak	4	1,5
4	Lempung	Sangat lunak	2	5,5
5	Lempung	Lunak	2	2,5
		Medium	6	2
Total ketebalan				15,5

Tabel 3. Lapisan Tanah Konsolidasi Titik BH-2

Titik No	Jenis tanah	Konsistensi	N-SPT	Tebal (m)
BH-2 (Pantai Maron - Muara Kali Silandak)				
1	Tanah timbunan	-	-	1,5
2	Lanau kepasiran	Lunak	3	1,5
3	Pasir	Lepas	5	2
		Lepas	7	2,5
4	Lempung	Sangat lunak	1	5,5
		Sangat lunak	2	4
5	Lempung	Lunak	4	3
6	Lempung	Medium	8	1
Total ketebalan				19,5

Tabel 4. Lapisan Tanah Konsolidasi Titik BH-3

Titik No	Jenis tanah	Konsistensi	N-SPT	Tebal (m)
BH-3 (Tugu)				
1	Tanah timbunan	-	-	1
2	Lanau kelempungan	Sangat lunak	1	2
3	Lempung	Sangat lunak	0	2
		Sangat lunak	1	7
4	Lempung	Sangat lunak	2	3
5	Lempung	Lunak	3	2
6	Lempung	Lunak	3	3
7	Lempung	Lunak	3	1
		Lunak	4	1,5
8	Lempung	Medium	5	2,5
		Medium	6	2
		Medium	7	2
Total ketebalan				28

Tabel 5. Lapisan Tanah Konsolidasi Titik BH-4

Titik No	Jenis tanah	Konsistensi	N-SPT	Tebal (m)
BH-4 (Jalan Irigasi – Mangkang Kulon)				
1	Tanah timbunan	-	-	1
2	Lempung kepasiran	Lunak	3	2
		Lunak	1	4
3	Lempung	Sangat lunak	2	4
		Lunak	3	4,5
4	Lempung	Medium	6	1,5
		Medium	9	2
Total ketebalan				18

Berdasarkan Tabel 2, pada Titik BH-1 dapat dilihat adanya lapisan tanah lanau dan lempung dengan konsistensi sangat lunak sampai medium setebal 15,50 m dengan N-SPT 2-10. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan adanya lapisan tanah konsolidasi berupa tanah lanau dan lempung setebal 19,5 m dan 28 m masing-masing secara berurutan. Terdapat lensa pasir setebal 4,5 m pada Titik BH-2, yang diasumsikan tidak berpengaruh terhadap penurunan tanah. Tanah pasir bersifat mudah mampat sehingga bukan merupakan lapisan konsolidasi. Pada Tabel 5, diketahui terdapat lapisan konsolidasi setebal 18 m berupa tanah lempung berada di bawah timbunan setinggi 1 m. Adapun beban timbunan terbesar setinggi 5 m berada di Titik BH-1. Beban timbunan dapat menambah besar penurunan tanah akibat kenaikan tekanan *overburden* tanah.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan kajian geologi teknik di wilayah Pesisir Pantai Utara sisi Barat Kota Semarang di daerah Muara Kali Banjir Kanal Barat sampai dengan Mangkang Kulon, maka dapat diperoleh stratigrafi lapisan tanah disekitar lokasi rencana trase Jalan *SORR* bagian utara berdasarkan data empat titik *borehole*. Hasil stratigrafi menunjukkan bahwa sebaran lapisan tanah lempung mendominasi struktur lapisan tanah penyusun sepanjang titik lokasi penelitian. Lapisan tanah permukaan umumnya berupa tanah timbunan antara 1-5 m. Terdapat lapisan tanah lanau kepasiran dan lanau kelembungan pada lapisan tanah di bawahnya. Struktur lapisan tanah selanjutnya didominasi oleh lapisan tanah lempung yang cukup tebal mencapai lebih dari 30 m. Diketahui juga pada beberapa tempat terdapat lensa pasir tipis di antara lapisan tanah lempung.

Berdasarkan hasil investigasi geologi teknik, diketahui ketebalan lapisan tanah lempung dan lanau dengan konsistensi sangat lunak sampai dengan medium bervariasi antara 15,50-28,00 m. Tebalnya lapisan tanah lunak berupa lanau dan lempung ini berpotensi mengalami penurunan tanah secara alamiah akibat proses konsolidasi. Konsolidasi terjadi apabila tanah lunak jenuh air mengalami penurunan akibat terdisipasinya air pori. Semakin tebal tanah lunak, maka laju konsolidasi cenderung semakin bertambah. Bertambahnya beban permukaan berupa beban timbunan juga akan menambah besar potensi penurunan atau amblesan tanah yang terjadi.

Ucapan Terimakasih

Pada penelitian ini disampaikan terimakasih kepada Rektor, Ketua LPPM dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Semarang atas ijin, dukungan dan pendanaan yang diberikan sehingga terlaksananya penelitian ini

Daftar Pustaka

[1] Bappeda, "Penyusunan Studi Kelayakan Outer Ring Road," Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, Semarang, 2010.

- [2] N. A. Abdurrahman, D. Meinaferti, Y. I. Wicaksono and B. Riyanto, "Analisa Dampak Pembangunan Semarang Outer Ring Road (SORR) Terhadap Jaringan Jalan Kota Semarang," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 6, no. 4, pp. 151-160, 2017.
- [3] U. Nugroho, "Outer Ring Road Sebagai Alternatif Solusi Permasalahan Kota Semarang," *Riptek*, vol. 3, no. 1, pp. 35-43, 2009.
- [4] B. D. Yuwono, H. Z. Abidin, I. Gumilar, H. Andreas, M. Awaluddin, K. F. Haqqi and R. Khoirunisa, "Preliminary Survey and Performance of Land Subsidence in North Semarang Demak," in *AIP Conference Proceedings 1730*, Bandung, 2016.
- [5] H. Z. Abidin, H. Andreas, I. Gumilar, T. P. Gamal, D. Murdohardono, Supriyadi and Y. Fukuda, "Studying Land Subsidence in Semarang (Indonesia) using Geodetic Methods," in *IUGG General Assembly*, Melbourne, 2011.
- [6] H. Z. Abidin, H. Andreas, I. Gumilar, T. P. Siddiq and Y. Fukuda, "Land Subsidence in Coastal City of Semarang (Indonesia) : Characteristics, Impacts, and Causes," *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 4, no. 3, pp. 226-240, 2013.
- [7] H. Masvika, A. D. Adi and F. Faris, "Evaluasi Penurunan Tanah di Semarang Utara Berdasarkan Korelasi N-SPT dengan mv," *Rekayasa Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 1-12, 2018.
- [8] E. Soebowo, D. Sarah, D. Murdohardono and T. Wirabuana, "Geologi Bawah Permukaan Wilayah Amblesan Tanah di Kota Semarang," Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung, 2014.
- [9] D. Sarah, A. J. Syahbana, R. F. Lubis and A. Mulyono, "Modelling of Land Subsidence Along Tanah Mas-Pelabuhan Section Semarang City Using Finite Element Methods," *Riset Geologi dan Pertambangan*, vol. 21, no. 2, pp. 105-109, 2011.
- [10] D. Sarah, E. Soebowo, E. Mulyono and N. A. Satriyo, "Model Geologi Teknik Amblesan Tanah Kota Semarang Bagian Barat," in *Pemaparan Hasil Penelitian*

Puslit Geoteknologi-LIPI, Bandung, 2013.

- [11] D. Sarah, E. Soebowo, A. K. Syahbana and A. N. Satriyo, "Geologi Teknik Amblesan Tanah Daerah Genuk-Sayung Kota Semarang," Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung, 2014.
- [12] BS 5930:1999, Code of Practice of Site Investigation, London: British Standards Institution (BSI), 1999.
- [13] M. Carter and S. P. Bentley, *Soil Properties and Their Correlations*, Chichester: John Wiley & Sons, Inc, 2016.
- [14] K. Terzaghi and R. Peck, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd Edition, New York: John Wiley, 1967.
- [15] M. Salem and R. El-Sherbiny, "Comparison of Measured and Calculated Consolidation Settlements of Thick Underconsolidated Clay," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 53, no. 1, pp. 107-117, 2014.