

ANALISIS DATA N-SPT DI RUAS JALAN TOL SEMARANG – DEMAK SEKSI II (STA. 10+690 s/d 27+000)

AGUNG HARI WIBOWO¹, HARTOPO², TOTOK APRIYANTO³

Fakultas Teknik, Undaris¹

Email korespondensi: agung.hari.w@mail.ugm.ac.id¹

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v6i2.4208>

Abstraksi: Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi paling populer di Indonesia. Tingginya mobilitas antara kota inti dengan kota pendukung menuntut performa jalan yang memadai. Salah satu hubungan kota inti dengan kota sekitar adalah Kawasan Kedungsepur (Kendal, Demak, Ungaran, Semarang, dan Purwodadi). Kawasan Kedungsepur yang membentuk Kawasan Metropolitan ini berada di garis pantai utara Jawa. Pantura yang merupakan jalur utama Pulau Jawa dikenal telah memiliki beban tinggi sehingga mengalami penurunan performa sehingga diperlukan opsi lain bagi masyarakat pengguna. Jalan Tol Semarang – Demak dibangun untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Jalan Tol Semarang – Demak berada di wilayah Pantai Utara Jawa yang memiliki jenis tanah berupa aluvium. Material utama yang ada di area ini berupa lempung dan lanau yang memiliki daya dukung cukup rendah. Hal ini menyebabkan Jalan Tol Semarang – Demak dibangun dengan konstruksi *Slab on Pile*. Tentunya selain dikarenakan pengaruh Banjir Rob dan fenomena *land subsidence*. Perencanaan struktur dilakukan dengan data awal berupa data Uji Penetrasi Standar (SPT). Melalui nilai N dari SPT, dapat diketahui konsistensi tanah pada kedalaman tertentu. Hasil olah data menunjukkan bahwa di Zona 1 kedalaman tanah lunak mencapai 16 m dan tanah keras baru dijumpai pada kedalaman > 44 m. Di Zona 2 kedalaman tanah lunak mencapai 10 m, sedangkan tanah dengan konsistensi keras baru ditemukan pada kedalaman 40 m. Selain itu peningkatan N-SPT sangat dipengaruhi oleh penambahan kedalaman uji. Pada Zona 1 diketahui hubungan korelasi antara N-SPT dengan kedalaman uji adalah $y = 0,5861x - 2,4437$ dengan tingkat pengaruh mencapai 90,05%. Di Zona 2 hubungan korelasi antara N-SPT dengan kedalaman uji dinyatakan dalam persamaan $y = 0.6452x - 1.6571$ dengan tingkat pengaruh sebesar 81,61%.

Keywords: *Standard Penetration Test, Uji Penetrasi Standar, N-SPT, Tol Semarang – Demak, Geoteknik*

A. Pendahuluan

Kedungsepur adalah akronim dari Kendal – Demak – Ungaran – Semarang – Purwodadi yang merupakan Wilayah Metropolitan dengan Semarang sebagai kota intinya. Wilayah di sekitar kota inti dimaksudkan sebagai penyeimbang perkembangan Kawasan perkotaan inti [1]. Seiring dengan aktivitas ekonomi dan mobilitas penduduk yang semakin meningkat, kawasan Perkotaan Kedungsepur cenderung terus tumbuh dan memiliki interaksi yang cukup intens.

Kawasan Kedungsepur terletak di Jalur Pantai Utara atau sering disebut Jalur Pantura yang merupakan urat nadi perekonomian Pulau Jawa [2]. Medan yang rataif datar, menjadikan Jalur Pantura sebagai primadona pelaku ekspedisi pengiriman barang, belum lagi pertumbuhan kendaraan pribadi yang berkisar 4,12% [3]. Kondisi demikian menyebabkan beban bagi Jalur Pantura, baik dari sisi kapasitas maupun performa perkerasannya.

Jalan Semarang – Demak merupakan bagian dari Jalan Pantura yang berada pada Kawasan Kedungsepur memiliki permasalahan tipikal Jalan Pantura, yakni performa perkerasan jalan serta derajat kejenuhan yang cukup tinggi. Pada tahun 2021, Jalan Semarang – Demak arah Demak memiliki angka *Degree of Saturated* (DS) sebesar 0,69 sedangkan arah

Semarang memiliki angka DS 0,63 [4]. Selain masalah kapasitas dan performa perkerasan, Ruas Jalan Semarang – Demak mempunyai permasalahan klasik berupa *land subsidence* dan banjir rob. Merespon hal tersebut, Jalan Tol Semarang – Demak kemudian direncanakan terintegrasi dengan Tanggul Laut.

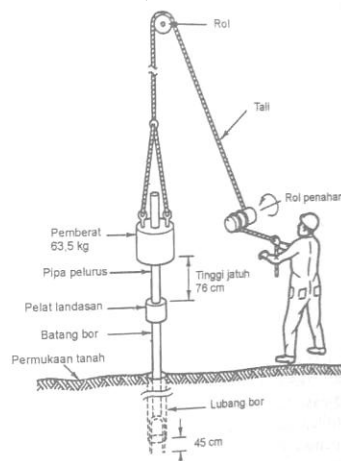
Pembangunan Jalan Tol Tanggul Laut Semarang - Demak Jawa Tengah panjang 27 km ini dibagi menjadi 2 paket: Seksi I STA. 0+000 s/d 10+690 (ruas Semarang – Sayung) & Seksi II STA. 10+690 s/d 27+000 (ruas Sayung – Demak) [5]. Pada akhir Desember 2022, Seksi II telah selesai dikerjakan dan siap operasional.

Seksi II Jalan Tol Semarang – Demak memiliki konstruksi berupa timbunan dengan *pre-fabricated vertical drain + preloading* dan *slab on pile*. Kondisi eksisting pada mayoritas lahan yang terpilih untuk trase merupakan area tambak dan area persawahan yang tergenang dengan karakteristik tanahnya berupa lempung dan atau lanau yang masuk dalam kategori tanah lunak. Kondisi demikian ditambah fenomena *land subsidence* dan banjir rob maka elevasi *finish ground* dituntut cukup tinggi. Sedangkan kondisi tanah yang lunak menyebabkan tinggi ijin timbunan (H_{cr}/SF) tidak melebihi 4,00 m. Dengan demikian dipilih konstruksi *elevated slab on pile* untuk lokasi yang mengharuskan kenaikan elevasi lebih dari 4,00 m.

Perencanaan *slab on pile* di Ruas Jalan Tol Semarang – Demak Seksi II tentunya dilakukan berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang salah satunya dilakukan melalui Uji Bore Log atau lebih dikenal dengan SPT (*standard penetration test*). Nilai SPT ini kemudian menggambarkan konsistensi tanah daya dukung tanah menahan beban di atasnya.

Penelitian ini kemudian berfokus pada korelasi kedalaman uji terhadap nilai SPT yang diperoleh, sehingga diharapkan dapat diketahui stratifikasi dan perubahan konsistensi tanah pada setiap kedalaman.

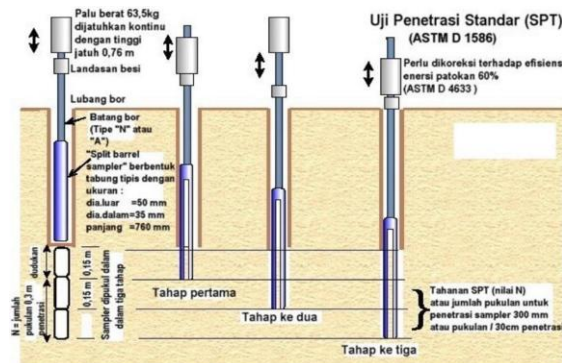
SPT (STANDARD PENETRATION TEST)



Gambar 1 Uji SPT Secara Manual [6]

Uji Penetrasi Standar (*Standard Penetratin Test / SPT*) merupakan salah satu pengujian tanah lapangan yang dilakukan untuk memperoleh parameter fisik maupun kekuatan tanah [7]. Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m) [8]. Pada perancangan pondasi, nilai N dapat dipakai sebagai indikasi model keruntuhan pondasi yang terjadi [9].

Pada penelitian ini, data SPT yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Demak kemudian dianalisis untuk mengetahui korelasi kedalaman dengan perubahan nilai SPT.

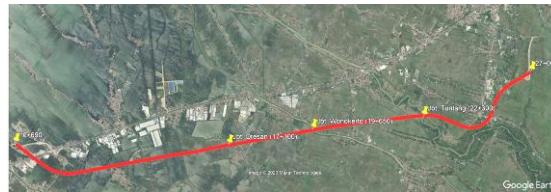


Gambar 2 Skema Pengujian Uji Penetrasi Standar [8]

B. Metode Penelitian

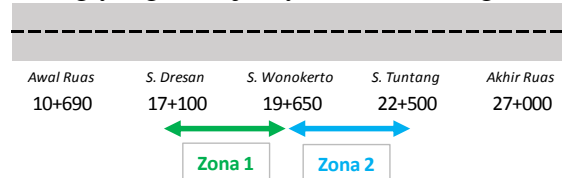
Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di bagian dari Trase Ruas Jalan Tol Semarang – Demak Seksi II dimana lokasi pengambilan data SPT berada diantara STA. 17+100 (Sungai Dresan) s/d STA. 22+500 (Sungai Tuntang). Trase keseluruhan Ruas Jalan Tol Semarang – Demak Seksi II STA. 10+690 s/d 27+000 ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Trase Jalan Tol Semarang - Demak Seksi II (Sumber: Google Earth)

Dalam rangka mempermudah analisis, penelitian dilakukan dengan membagi lokasi pengambilan SPT menjadi dua zona. Pembagian zona didasarkan pada bentang geografis yakni Sungai Dresan s/d Sungai Wonokerto yang selanjutnya disebut Zona 1 dan Sungai Wonokerto s/d Sungai Tuntang yang selanjutnya disebut sebagai Zona 2.



Gambar 4 Pembagian Zona Hasil Uji SPT

Digunakan 13 titik uji penetrasi standar pada setiap zona dengan jarak satu dengan lainnya ± 200 m.

Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa Hasil Uji Penetrasi Standar (SPT) di lokasi penelitian yang diperoleh dari PT. Virama Karya selaku Tim Konsultan Supervisi dalam Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Demak Seksi II.

Kebutuhan akan gambaran awal mengenai kondisi tanah di lokasi penelitian diperoleh dari Peta Geologi Regional yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya

Mineral. Sedangkan untuk menentukan konsistensi dan jenis tanah berdasarkan nilai N-SPT didapatkan melalui literatur dan penelitian terdahulu.

Analisis Data

Tahapan analisa pertama adalah dengan melakukan tinjauan lokasi dengan peta geologi regional untuk mendapatkan gambaran awal mengenai kondisi material tanah di lokasi penelitian.

Tahapan analisa berikutnya adalah mencari korelasi antara kedalaman uji dengan N-SPT. Data hasil SPT dikelompokkan berdasarkan zona yang telah ditetapkan, untuk kemudian dilakukan analisa. Pengambilan data untuk mewakili setiap zona dilakukan dengan melakukan rata-rata per kedalaman. Kedalaman uji dianggap sebagai variabel bebas, sedangkan N-SPT merupakan variabel terikat. Regresi dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh kedalaman terhadap nilai N dalam uji SPT. Pola hubungan antara nilai N-SPT dengan kedalaman uji bor ditampilkan dalam grafik korelasi lengkap dengan informasi R^2 dan persamaannya.

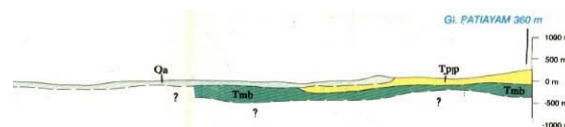
C. Hasil dan Pembahasan

Deskripsi Lokasi



Gambar 5 Kondisi Geologi Wilayah Trase Jalan Tol Semarang - Demak Seksi II dalam Peta Geologi Regional

Secara geologis, wilayah Semarang – Demak berada pada daerah endapan permukaan (*surficial deposits*). Pada Peta Geologi Regional Lembar Kudus Jawa skala 1:100.000 lokasi penelitian berada pada daerah Aluvium (Q_a) yang terdiri dari material kerikil, pasir, lempung, lanau, sisa tumbuhan dan bongkah batuan gunung api, dengan kedalaman lapisan berkisar 50 s/d 100 m [10]. Alluvium pada umumnya memiliki umur skala geologis yang tergolong muda dan tidak terkonsolidasi menjadi batuan padat [11].



Gambar 6 Ketebalan Lapisan Alluvium di Pantai Utara Jawa Tengah

Material lempung juga ditemukan dalam beberapa pengujian sepanjang Semarang – Demak diantaranya adalah Lempung Holosen, Lempung Marin, Lempung Pleistosen. Lempung Marin diidentifikasi berada sampai dengan kedalaman 18 – 30 m, diikuti oleh Lempung Holosen dan Lempung Pleistoren yang mengandung pasir [12]. Material endapan yang berupa lempung dan lanau merupakan tanah berbutir halus yang memiliki sifat kompresibilitas tinggi, sulit dipadatkan, kuat geser rendah, permeabilitas rendah, serta memiliki daya dukung yang cukup kecil.

Data SPT

Berbeda dengan tanah granuler yang kuat gesernya berdasarkan sudut geser dalam, kuat geser pada tanah kohesif sangat bergantung pada nilai lekatannya [13]. Terzaghi dan Peck memberikan nilai korelatif antara nilai N-SPT terhadap besarnya nilai kohesi tak terdrainase

dan konsistensi dari tanah pada kedalaman yang diuji. Korelasi SPT Terzaghi dan Peck ditampilkan pada *Tabel 1*.

Tabel 1 Variasi Korelasi N-SPT dengan c_u Pada Tanah Lempung [9]

Konsistensi	N	c_u (kN/m^2)
Sangat lunak	0-2	<12
Lunak	2-4	12-25
Sedang	4-8	25-50
Kaku	8-15	50-100
Sangat kaku	15-30	100-200
Keras	>30	>200

Nilai N pada Uji Penetrasi Standar juga dapat dikorelasikan dengan kemampuan dukung tanah. Mayerhoff memberikan nilai korelasi kemampuan dukung tanah dengan persamaan [7]:

$$q_c = 4 N$$

Penyelidikan tanah dengan Uji Penetrasi Standar di Zona 1 maupun 2 diambil hingga kedalaman maksimal 70 m. Titik uji berjumlah 13 titik di pada setiap zona. Pengambilan nilai N dilakukan pada setiap interval kedalaman 2,00 m. Nilai N yang di dapatkan cukup bervariasi di setiap kedalamannya. Secara lengkap, nilai N untuk Zona 1 ditampilkan pada *Tabel 2*, sedangkan untuk Zona 2 disajikan pada *Tabel 4*.

Zona 1

Tabel 2 N-SPT Pada Zona 1

Depth	N-SPT (Zona 1)												Average		
	17+150	17+350	17+550	17+750	17+950	18+150	18+350	18+550	18+750	18+950	19+150	19+350		19+550	
0															
2	2	2	4	5	2	2	3	3	5	4	4	5	2	3	
4	2	2	5	2	1	1	2	2	2	3	3	5	4	3	
6	1	1	5	3	1	1	1	3	2	4	1	5	4	2	
8	2	2	5	4	2	1	1	1	1	2	4	8	6	3	
10	2	2	5	4	1	1	2	4	2	2	4	6	6	3	
12	2	3	5	5	2	1	3	2	3	3	2	4	7	3	
14	6	4	4	4	2	1	2	2	2	4	6	8	5	4	
16	7	4	4	6	3	2	3	4	5	4	5	6	8	5	
18	4	5	5	7	3	1	4	1	3	5	6	13	7	5	
20	5	5	7	5	2	1	5	3	4	5	2	17	10	5	
22	7	5	9	7	3	2	5	2	4	7	16	13	11	7	
24	15	7	11	10	2	2	5	2	2	6	21	16	5	8	
26	18	7	11	9	1	1	7	4	2	7	16	22	7	9	
28	24	23	11	12	1	4	8	5	5	8	22	10	6	11	
30	18	26	14	8	1	3	8	2	6	11	20	22	5	11	
32	27	30	16	16	2	5	14	8	7	13	34	23	7	16	
34	13	30	20	20	4	10	16	19	11	9	21	26	6	16	
36	19	16	23	22	8	17	13	28	21	11	34	30	9	19	
38	22	17	25	25	20	22	14	24	24	13	32	22	18	21	
40	28	22	26	29	29	11	17	29	12	14	41	43	17	24	
42	32	24	30	30	25	33	20	39	16	15	45	36	22	28	
44	32	25	31	33	27	40	25	41	41	18	39	42	25	32	
46	35	24	32	34	31	27	28	49	26	20	40	46	28	32	
48	33	22	34	30	33	29	31	5	15	23	55	25	33	28	
50	27	24	34	25	22	37	20	6	19	27	32	28	36	26	
52	30	35	33	28	47	31	18	35		28	49	60	43	36	
54	24	38	22	20	41	54	24	29		33	41	60	36	35	
56	25	37	24	21	36	3	49	37		28	33	60	21	31	
58	25	39	26	39	33	2	54	50		30	20	32	25	31	
60	32	38	26	48	45	29	31	60		34	20	24	22	34	
62	29	40	32	30	48	30	18	60		26	25	29	26	33	
64	40	42	32	42	27	23	15	60		27	60	26	37	36	
66	45	40	30	45	22	20	14	4		15	51	22	43	29	
68	48	22	32	39	18	16	11	39		17	53	45	47	32	
70				36	21			39						32	

Dari data N-SPT pada Zona 1 yang ditampilkan pada *Tabel 2*, diperoleh nilai N rata-rata sebesar 3 untuk kedalaman 2,00 m. Dengan demikian untuk tanah di kedalaman 2,00 menurut tabel korelasi Terzaghi dan Peck termasuk tanah dengan konsistensi lunak. Kemampuan dukung atau tahanan maksimum tanah adalah sebesar:

$$q_c = 4 N$$

$$q_c = 4 \times 3$$

$$q_c = 12 \text{ kg/cm}^2$$

Konsistensi dan kemampuan dukung tanah pada kedalaman 4 s/d 70 m ditampilkan pada Tabel 3.

Di Zona 1 tanah dengan konsistensi lunak berada pada kedalaman hingga 16 m. Sedangkan konsistensi sedang berada pada kedalaman 16 s/d 30 m. Untuk kedalaman 30 s/d 44 m adalah tanah dengan konsistensi kaku hingga sangat kaku. Tanah keras baru dijumpai pada kedalaman > 44 m.

Tabel 3 Konsistensi dan q_c di Zona 1 Berdasarkan N-SPT

Depth	N _{average}	q _c	Konsistensi	
		kg/cm ²		
0	0	0	Sangat Lunak	
2	3	12		
4	3	12		
6	2	8	Lunak	
8	3	12		
10	3	12		
12	3	12		
14	4	16		
16	5	20		
18	5	20	Sedang	
20	5	20		
22	7	28		
24	8	32		
26	9	36		
28	11	44		
30	11	44		
32	16	64		Kaku
34	16	64		Sangat Kaku
36	19	76		
38	21	84		
40	24	96		
42	28	112	Keras	
44	32	128		
46	32	128		
48	28	112	Sangat Kaku	
50	26	104		
52	36	144	Keras	
54	35	140		
56	31	124		
58	31	124		
60	34	136		
62	33	132		
64	36	144		
66	29	116		Sangat Kaku
68	32	128	Keras	
70	32	128		

Zona 2

Tabel 4 N-SPT Pada Zona 2

Depth	N-SPT (Zona 2)										Average			
	19-700	19-900	20-100	20-300	20-500	20-700	21-100	21-300	21-700	21-900		22-100		
0														
2	6	3	7	5	4	3	2	2	4	2	1	8	1	4
4	4	4	2	3	7	4	4	2	2	1	3	9	3	4
6	2	7	4	3	6	4	3	3	2	2	7	6	7	4
8	2	8	4	4	4	3	3	4	2	8	8	7	5	
10	5	6	4	2	3	3	5	4	3	2	2	3	6	4
12	4	7	3	2	4	9	5	4	4	8	3	5	6	5
14	5	8	7	3	2	7	6	4	4	8	4	4	6	5
16	6	9	9	3	6	13	7	5	3	9	5	7	6	7
18	7	15	10	4	4	10	9	5	4	9	3	8	6	7
20	8	18	11	5	3	8	7	5	7	9	5	7	6	8
22	9	18	12	5	7	13	8	5	8	8	8	6	9	
24	11	18	9	6	5	6	8	5	9	8	10	7	9	
26	12	13	11	9	10	15	10	5	12	10	7	9	8	10
28	14	13	13	8	9	18	13	10	15	6	6	7	12	11
30	13	15	60	21	13	20	15	13	7	10	10	18	13	18
32	15	18	27	14	14	21	22	16	20	10	8	11	20	17
34	20	28	37	12	16	24	17	18	22	17	16	15	21	20
36	18	40	42	15	19	22	17	18	15	8	18	20	20	21
38	24	38	29	16	18	26	42	20	14	19	21	23	60	27
40	26	42	15	44	51	21	19	30	12	60	25	26	60	33
42	31	47	22	60	13	26	60	50	15	60	22	23	60	38
44	32	32	16	41	17	22	27	47	17	60	25	27	60	33
46	35	25	41	47	14	35	40	22	20	60	12	30	26	31
48	39	16	47	38	20	41	60	35	20	60	13	34	29	35
50	40	21	40	47	37	49	60	52	17	50	38	31	29	39
52	31	24	44	18	17		60	30	15	32	46	32	27	31
54	33	13	42	23	37		22	32	15	31	48	42	27	30
56	25	26	32	22	18		38	33	17	47	31	38	23	29
58	35	21	24	21	20		25	35	13	26	34	41	22	26
60	41	20	20	22	17		26	26	14	32	37	31	43	27
62	47	24	37	21	20		27	25	35	34	41	40	45	33
64	50	17	48	30	26		29	24	45	37	43	41	49	37
66	52	26	59	44	50		48	24	13	60	45	46	50	43
68	55	34	54	60	52		60	30	50	40	48	54	60	50
70	28						45	60	50	51	58	25	45	

N-SPT rata-rata dengan nilai 4 dijumpai di Zona 2 pada kedalaman 10 m. Hal ini mengindikasikan bahwa konsistensi tanah hingga kedalaman 10 m adalah tanah lunak. Besaran nilai q_c di kedalaman 10 m adalah 16 kg/cm².

Tabel 5 Konsistensi dan q_c di Zona 2 Berdasarkan N-SPT

Depth	$N_{average}$	q_c kg/cm	Konsistensi
0	0	0	Sangat Lunak
2	4	16	
4	4	16	
6	4	16	Lunak
8	5	20	
10	4	16	
12	5	20	Sedang
14	5	20	
16	7	28	
18	7	28	
20	8	32	
22	9	36	Kaku
24	9	36	
26	10	40	
28	11	44	
30	18	72	Sangat Kaku
32	17	68	
34	20	80	
36	21	84	
38	27	108	
40	33	132	Keras
42	38	152	
44	33	132	
46	31	124	
48	35	140	
50	39	156	
52	31	124	
54	30	120	
56	29	116	Sangat Kaku
58	26	104	
60	27	108	
62	33	132	Keras
64	37	148	
66	43	172	
68	50	200	
70	45	180	

Di Zona 2 tanah dengan konsistensi lunak berada pada kedalaman hingga 10 m. Sedangkan konsistensi sedang berada pada kedalaman 10 s/d 22 m. Untuk kedalaman 22 s/d 40 m adalah tanah dengan konsistensi kaku hingga sangat kaku. Tanah keras baru dijumpai pada kedalaman > 40 m.

Korelasi Kedalaman Uji dengan N-SPT

Kenaikan nilai SPT pada setiap kedalaman uji dapat terlihat dari Tabel Data SPT (*Tabel 2* dan *Tabel 4*). Korelasi antara kedalaman uji dengan nilai N-SPT rata-rata di Zona 1 maupun Zona 2 diperlihatkan pada Gambar 7 dan Gambar 8. N-SPT dianggap sebagai variabel terikat (y), sedangkan untuk kedalaman uji dianggap sebagai variabel bebas (x) yang mempengaruhi variabel terikat.

Gambar 7 Korelasi Kedalaman Uji di Zona 1 dengan N-SPT

Hubungan N-SPT di Zona 1 dinyatakan dalam persamaan $y = 0,5861x - 2,4437$. Pola hubungan ini memiliki nilai R^2 sebesar 0,9005 yang berarti kedalaman memiliki pengaruh 90,05% terhadap kenaikan N-SPT.

Gambar 8 Korelasi Kedalaman Uji di Zona 2 dengan N-SPT

Hubungan N-SPT di Zona 1 dinyatakan dalam persamaan $y = 0.6452x - 1.6571$. Pola hubungan ini memiliki nilai R^2 sebesar 0,8681 yang berarti kedalaman memiliki pengaruh 86,81% terhadap kenaikan N-SPT.

D. Penutup

Berdasarkan analisa hasil dan pembahasan, kesimpulan yang dapat diambil adalah 5 poin berikut:

1. Trase Jalan Tol Semarang – Demak Seksi II berada di atas tanah alluvium dengan jenis material utama berupa lempung dan lanau.
2. Tanah dengan konsistensi lunak di Zona 1 dijumpai hingga kedalaman 16 m. Tanah dengan konsistensi keras baru dijumpai pada kedalaman > 44 m.
3. Korelasi kenaikan N-SPT di Zona 1 dengan penambahan kedalaman uji tiap interval 2,00 m dinyatakan dalam persamaan $y = 0,5861x - 2,4437$. Tingkat pengaruh penambahan kedalaman uji tiap interval 2,00 m terhadap perubahan N-SPT adalah 90,05%.
4. Tanah dengan konsistensi lunak di Zona 2 dijumpai hingga kedalaman 10 m. Tanah dengan konsistensi keras baru dijumpai pada kedalaman > 40 m.
5. Korelasi kenaikan N-SPT di Zona 2 dengan penambahan kedalaman uji tiap interval 2,00 m dinyatakan dalam persamaan $y = 0.6452x - 1.6571$. Tingkat pengaruh penambahan kedalaman uji tiap interval 2,00 m terhadap perubahan N-SPT adalah 86,81%.

Daftar Pustaka

- [1] *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 78 Tahun 2017 Tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Kendal, Demak, Ungaran, Salatiga, Semarang dan Purwodadi.*
- [2] M. Sjahdanulirwan, *Efisiensi dan Inovasi Konstruksi Perkerasan Jalan*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.
- [3] Direktorat Statistik Distribusi Badan Pusat Statistik, *Statistik Transportasi Darat 2021*. Jakarta: BPS RI, 2021.
- [4] R. Rahmah and H. Widyastuti, “Analisis Kelayakan Jalan Tol Semarang - Demak dari Aspek Ekonomi dan Finansial,” *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, pp. E259–E265, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.57431.
- [5] E. Gardjito and M. Abduh, “Studi Awal Timbunan Pre-loading dan Struktur Slab On Pile pada Tanah Lunak: Jalan Tol Semarang–Demak Seksi II Sta. 10+ 690 s/d 27+ 000,” in *Seminar Keinsinyuran Program Profesi Insinyur Universitas Muhammadiyah Malang*, 2021, vol. 2.
- [6] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah II*, 3rd ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2003.
- [7] R. S. Warman, *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi*. Jakarta: Badan

- Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum, 2019.
- [8] “SNI 4153:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT.” Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [9] K. Terzaghi and R. B. Peck, *Theoretical Soil Mechanics*. London: John Wiley and Sons, Inc, 1967. doi: 10.1680/geot.1963.13.4.267.
- [10] T. Suwarti and R. Wikarno, “Peta Geologi Lembar Kudus, Jawa.” Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1992.
- [11] Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, “Alluvium,” *MAGMA Indonesia*. <https://magma.esdm.go.id/v1/edukasi/glossary/alluvium> (accessed Jan. 12, 2023).
- [12] *Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak*, 1st ed. Bandung: Pusat Litbang Prasarana Transportasi, 2001.
- [13] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, 3rd ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2015.