

Pendugaan Rencana Kedalaman Pengujian *Standard Penetration Test (SPT)* Terhadap Korelasi Data Resistivitas (Ωm) Geolistrik

Yusuf Kurniawan¹, Lies Kurniawati Wulandari², Maranatha Wijayaningtyas³, Lila Ayu Ratna Winanda⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Perum Joyo Grand Kav. A-22 Malang

Email: yusufkurniawan90@gmail.com

Abstrak— Untuk mengetahui berapa dugaan rencana kedalaman pengujian SPT tersebut diperlukan metode tertentu yang cepat, murah dan nondestruktif sebagai acuan rencana kedalaman. Metode yang dimaksud adalah Geolistrik yang dapat mengetahui resistivitas material, jenis tanah atau batuan, kekerasan, kedalaman dan ketebalan masing-masing lapisan, jenis air tanah, dan sebagainya. Dengan melakukan korelasi, hubungan timbal balik atau sebab akibat antara nilai resistivitas (Ωm) material tanah dari hasil Geolistrik dengan nilai N-SPT, diharapkan dapat diketahui besaran nilai minimal resistivitas (Ωm) yang memenuhi nilai N-SPT ≥ 50 sebagai dasar dugaan rencana kedalaman pemboran pengujian SPT. Metode yang digunakan untuk mengetahui korelasi tersebut digunakan metode Regresi Linier Sederhana. Dari hasil korelasi metode Regresi Linier Sederhana diperoleh nilai resistivitas minimum material tanah $> 121,27 \Omega m$ diperoleh dari nilai atau jumlah (N) tumbukan *Standard Penetration Test (N-SPT)* ≥ 50 . Sehingga dugaan rencana kedalaman pemboran pengujian *Standard Penetration Test (SPT)* diambil dari kedalaman material tanah atau batuan yang memiliki angka atau nilai resistivitas $> 121,27 \Omega m$ serta memiliki ketebalan lapisan > 6 meter.

Kata Kunci— geolistrik, kedalaman, korelasi, pendugaan, *standard penetration test*.

1. PENDAHULUAN

Geologi teknik adalah ilmu yang mempelajari fenomena geologi dari aspek kekuatan dan kelemahan geologi, yang diterapkan dalam pembangunan infrastruktur seperti tahapan penentuan lokasi, perancangan, konstruksi, pelaksanaan konstruksi dan pemeliharaan pekerjaan rekayasa teknik. Setiap infrastruktur pada umumnya memiliki fondasi sebagai bagian yang paling mendasar dalam menjaga stabilitas bangunan. Menurut Hardiyatmo (2020), pondasi adalah bagian terbawah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan di bawahnya. Definisi lain menurut Hanafiah, dkk. (2020) fondasi merupakan bagian dari sistem struktur yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah di bawahnya, tanpa menyebabkan keruntuhan geser tanah dan penurunan yang berlebihan.

Penentuan jenis pondasi tergantung dari kondisi tanah dan sifat-sifat yang diperoleh dari hasil

penyelidikan tanah, baik secara langsung di lapangan, maupun pemeriksaan dan percobaan di laboratorium. Metode dan peralatan yang digunakan dalam penyelidikan tanah bermacam-macam jenis dan bentuknya. Pemilihan metode dan peralatan yang digunakan tergantung pada situasi dan kondisi lapangan. Menurut Hatmoko dan Suryadarma (2020) jika lokasi tanah yang baik berada pada kedalaman yang jauh dari permukaan tanah biasanya digunakan pondasi bor pile atau pondasi tiang pancang.

Metode penyelidikan tanah bawah permukaan umumnya dilakukan dengan cara destruktif, yaitu dengan membongkar lokasi tapak untuk mengetahui kondisinya atau dengan cara non destruktif yaitu dengan tidak merusak lokasi tapak untuk mengetahui kondisi bawah permukaan. Salah satu cara destruktif adalah pemboran geoteknik untuk uji *Standard Penetration Test (SPT)*, yaitu dengan melakukan pemboran tanah, penumbukan dan pengambilan sampel tanah. Sedangkan salah satu metode non destruktif adalah dengan menggunakan metode geolistrik. Keluaran yang dihasilkan dari metode geolistrik ini dapat berupa resistivitas material (Ωm) dan interpretasi jenis tanah atau batuan, kekerasan, kedalaman dan ketebalan tiap lapisan, jenis air tanah, dan sebagainya.

Dengan memanfaatkan keluaran dari metode geolistrik, metode geolistrik dapat dijadikan sebagai acuan awal penyelidikan tanah, khususnya dalam menduga kedalaman uji *Standard Penetration Test (SPT)*. Oleh karena itu, penelitian ini menyajikan analisis korelasi geolistrik dalam menduga rencana kedalaman uji *Standard Penetration Test (SPT)* di Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Papua. Secara geologis, pulau Papua merupakan manifestasi pertemuan beberapa mikro benua. Di bagian utara pulau Papua merupakan batas antara kerak samudera yang menunjam ke arah benua di sebelah utara Papua dan bergerak dari arah timur laut-barat daya yang membentang dari wilayah Kabupaten Sarmi hingga wilayah Kota Jayapura. Kondisi tektonik ini menyebabkan kondisi batuan di wilayah Kota Jayapura menjadi labil di beberapa tempat akibat aktivitas sesar atau patahan yang melewati wilayah Kota Jayapura. Indikasi adanya sesar tersebut dapat ditemukan dengan jelas di beberapa tempat di wilayah Kota Jayapura menurut Suwarna dan Noya (1995). Oleh karena itu perencanaan pembangunan infrastruktur di Kota Jayapura wajib dilakukan penyelidikan geologi teknik untuk menjamin tingkat keamanan dan

meminimalkan resiko bencana di masa yang akan datang.

Wesley (2010) menyebutkan bahwa daya dukung tanah adalah istilah yang menyatakan kemampuan tanah menahan beban pada permukaan tanah maupun menahan beban pada kedalaman di bawah permukaan seperti halnya dengan fondasi. Perhitungan daya dukung tanah dapat digunakan untuk menjamin kemantapan fondasi, yang bergantung pada kekuatan geser tanah dan daya dukungnya, serta untuk menjamin bahwa penurunan fondasi tidak melebihi batas yang diperbolehkan. Fahriani dan Apriyanti (2015) menyatakan bahwa perkiraan daya dukung tiang tunggal dengan beban vertikal ditentukan berdasarkan data sondir dan sifat fisik tanah.

Oleh karena itu, untuk keamanan suatu bangunan harus kuat dan aman secara keseluruhan, mulai dari struktur, fondasi hingga daya dukung tanah. Untuk mengetahui daya dukung tanah diperlukan penyelidikan tanah. Ada beberapa metode penyelidikan tanah, antara lain pengukuran muka air tanah, *Cone Penetration Test (CPT)* atau Sondir, *Standard Penetration Test (SPT)*, *Dynamic penetration test*, *Pressure meter test*, *Dilatometer test*, *Plate loading test*, *Field propeller shear test*, *Permeability test*, dll. Tes yang paling umum dan sering dilakukan adalah *Cone Penetration Test (CPT)* atau Sondir dan *Standard Penetration Test (SPT)*.

Pengujian dengan *Cone Penetration Test (CPT)* atau Sondir memiliki beberapa kelemahan. Antara lain

pencapaian kedalaman yang terbatas, umumnya 20 meter dan tidak dapat menembus lensa/border/sisipan tanah keras meskipun relatif tipis. Sehingga untuk bangunan berisiko (*high risk building*) seperti bangunan tinggi dan atau struktur besar digunakan *Standard Penetration Test (SPT)* yang mampu menutupi kekurangan *Cone Penetration Test (CPT)* atau Sondir.

2. METODE

Metode ilmiah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik untuk mengidentifikasi spesifikasi tanah yaitu untuk mendeskripsikan jenis tanah, kedalaman tiap lapisan tanah dan ketebalannya, resistivitas material yang dapat diartikan dari berat jenis tanah, mineral, dengan kandungan air di setiap lapisan tanah. Variabel bebas adalah *Standard Penetration Test (SPT)*, variabel terikat adalah uji geolistrik, sedangkan variabel kontrol adalah $N\text{-SPT} \geq 50$ dan ketebalan akuifer dengan resistivitas $< 16,7 \Omega\text{m}$. Penelitian ini dilakukan di Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman (PUPRPKP) Provinsi Papua. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Data primer yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data uji geolistrik dan data uji *Standard Penetration Test (SPT)*. Sedangkan metode analisis data yang digunakan adalah analisis kuantitatif dengan menggunakan metode korelasi data.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data yang dibahas dalam makalah ini adalah korelasi antara data geolistrik titik 4 dan N-SPT titik 3, serta korelasi data geolistrik titik 6 dan N-SPT titik 1. Analisis korelasi dilakukan dengan program Microsoft Excel.

Data geolistrik titik 04 pada tabel 1 merupakan data asli/awal. Untuk dapat mengkorelasikan titik data geolistrik asli/awal pada titik 04 perlu dilakukan modifikasi berdasarkan interval kedalaman setiap 2 meter (Tabel 2) guna menyesuaikan interval data N-SPT. Tabel 2 merupakan tabel modifikasi dari tabel 1, dengan maksud agar data variabel Y (Geolistrik) dapat digunakan dalam pengolahan data berdasarkan interval kedalaman 2 meter. Selanjutnya, analisis korelasi dapat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel X dan variabel Y (Tabel 3).

Tabel 1. Data geolistrik awal titik 04

N (lapisan)	Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)
1	134,10	0,00 - 0,73	0,73
2	43,50	0,73 - 0,99	0,26
3	17,00	0,99 - 3,63	2,64
4	83,40	3,63 - 7,63	4,00
5	10,40	7,63 - 11,95	4,32
6	120,00	11,95 - 17,58	5,63
7	2,26	17,58 - 20,50	2,92
8	56,10	20,50 - 29,20	8,70
9	395,00	29,20 - 52,00	22,80
10	3150,00	52,00 -	

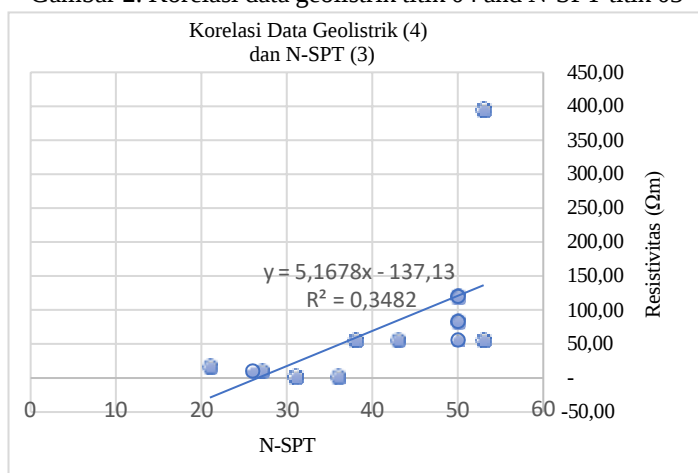
Tabel 2. Modifikasi data geolistrik titik 04

Interval Kedalaman Tanah (m)	Resistivitas (Ωm)
2	17,00
4	83,40
6	83,40
8	10,40
10	10,40
12	120,00
14	120,00
16	120,00
18	2,26
20	2,26
22	56,10
24	56,10
26	56,10
28	56,10
30	395,00

Tabel 3. Tabulasi data geolistrik titik 04 and N-SPT titik 03

No.	Kedalaman (m)	N-SPT (X)	Ωm (Y)	XY	X^2	Y^2
1.	2	21	17,00	357,00	441,00	289,00
2.	4	50	83,40	4.170,00	2.500,00	6.955,56
3.	6	50	83,40	4.170,00	2.500,00	6.955,56
4.	8	27	10,40	280,80	729,00	108,16
5.	10	26	10,40	270,40	676,00	108,16
6.	12	50	120,00	6.000,00	2.500,00	14.400,00
7.	14	50	120,00	6.000,00	2.500,00	14.400,00
8.	16	50	120,00	6.000,00	2.500,00	14.400,00
9.	18	31	2,26	70,06	961,00	5,11
10.	20	36	2,26	81,36	1.296,00	5,11
11.	22	43	56,10	2.412,30	1.849,00	3.147,21
12.	24	53	56,10	2.973,30	2.809,00	3.147,21
13.	26	38	56,10	2.131,80	1.444,00	3.147,21
14.	28	50	56,10	2.805,00	2.500,00	3.147,21
15.	30	53	395,00	20.935,00	2.809,00	156.025,00
Σ		628,00	1.188,52	58.657,02	28.014,00	226.240,50

Gambar 2. Korelasi data geolistrik titik 04 and N-SPT titik 03



Pada tabel di atas, N-SPT dilambangkan dengan X atau variabel bebas. Sedangkan data geolistrik dilambangkan dengan Y atau variabel terikat. Kolom XY merupakan perkalian antara data N-SPT dan data geolistrik, sedangkan kolom X^2 merupakan kuadrat dari data N-SPT, dan Y^2 merupakan kuadrat dari data geolistrik. Analisis regresi terhadap nilai $X=50$ ($N-SPT \geq 50$) menunjukkan nilai t-hitung sebesar 2,6351, dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai t-tabel sebesar 2,1604. Artinya terdapat korelasi yang signifikan antara N-SPT dengan geolistrik. Selanjutnya grafik analisis ditampilkan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan korelasi positif dan linier, dengan nilai R^2 sebesar 0,3482.

Selanjutnya data geolistrik titik 06 pada tabel 4 merupakan data asli/awal. Untuk dapat mengkorelasikan titik data geolistrik asli/awal pada titik 06 perlu dilakukan modifikasi berdasarkan interval kedalaman setiap 2 meter (Tabel 5) guna menyesuaikan interval data N-SPT. Tabel 5 merupakan tabel modifikasi dari tabel 4, dengan maksud agar data variabel Y (Geolistrik) dapat digunakan dalam pengolahan data berdasarkan interval kedalaman 2 meter. Selanjutnya, analisis korelasi dapat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel X dan variabel Y (Tabel 6).

Tabel 4. Data geolistrik awal titik 06

N (lapisan)	Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)
1	417,10	0,00 - 0,23	0,23
2	13,50	0,23 - 5,71	5,48
3	141,20	5,71 - 6,35	0,64
4	57,50	6,35 - 9,76	3,41
5	764,00	9,76 - 15,65	5,89
6	197,00	15,65 - 17,81	2,16
7	14,10	17,81 - 21,30	3,49
8	253,00	21,30 - 41,70	20,40
9	24,10	41,70 - 54,60	12,90
10	1,55	54,60 -	

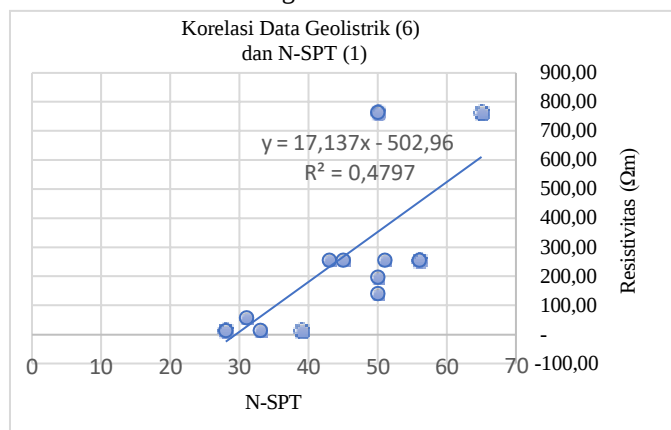
Tabel 5. Modifikasi data geolistrik titik 06

Interval Kedalaman Tanah (m)	Resistivitas (Ωm)
2	13,50
4	13,50
6	141,20
8	57,50
10	764,00
12	764,00
14	764,00
16	197,00
18	14,10
20	14,10
22	256,00
24	256,00
26	256,00
28	256,00
30	256,00

Tabel 6. Tabulasi data geolistrik titik 04 and N-SPT titik 01

No.	Kedalaman (m)	N-SPT (X)	Ωm (Y)	XY	X^2	Y^2
1.	2	28	13,50	378,00	784,00	182,25
2.	4	28	13,50	378,00	784,00	182,25
3.	6	50	141,20	7.060,00	2.500,00	19.937,44
4.	8	31	57,50	1.782,50	961,00	3.306,25
5.	10	65	764,00	49.660,00	4.225,00	583.696,00
6.	12	50	764,00	38.200,00	2.500,00	583.696,00
7.	14	50	764,00	38.200,00	2.500,00	583.696,00
8.	16	50	197,00	9.850,00	2.500,00	38.809,00
9.	18	39	14,10	549,90	1.521,00	198,81
10.	20	33	14,10	465,30	1.089,00	198,81
11.	22	56	256,00	14.336,00	3.136,00	65.536,00
12.	24	45	256,00	11.520,00	2.025,00	65.536,00
13.	26	51	256,00	13.056,00	2.601,00	65.536,00
14.	28	43	256,00	11.008,00	1.849,00	65.536,00
15.	30	56	256,00	14.336,00	3.136,00	65.536,00
Σ		675,00	4.022,90	201.779,70	32.111,00	2.141.582,81

Gambar 3. Korelasi data geolistrik titik 04 and N-SPT titik 01



Pada tabel di atas, *N-SPT* dilambangkan dengan *X* atau variabel bebas. Sedangkan data geolistrik dilambangkan dengan *Y* atau variabel terikat. Kolom *XY* merupakan perkalian antara data *N-SPT* dan data geolistrik, sedangkan kolom X^2 merupakan kuadrat dari data *N-SPT*, dan Y^2 merupakan kuadrat dari data geolistrik. Analisis regresi terhadap nilai $X=50$ ($N-SPT \geq 50$) menunjukkan nilai *t*-hitung sebesar 3,4623, dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai *t*-tabel sebesar 2,1604. Artinya terdapat korelasi yang signifikan antara *N-SPT* dengan geolistrik. Selanjutnya grafik analisis ditampilkan pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan korelasi positif dan linier, dengan nilai R^2 sebesar 0,4797.

Dari penelitian tersebut diperoleh 2 persamaan regresi linier sederhana:

$$1. Y = -137,13 + 5,1678X$$

Nilai $X = 50$ diambil dari nilai $N-SPT \geq 50$

Sehingga resistivitas Geolistrik ($\bar{Y}$) diperoleh nilai 121,27 Ωm

$$2. Y = -502,96 + 17,1366X$$

Nilai $X = 50$ diambil dari nilai $N-SPT \geq 50$

Sehingga resistivitas Geolistrik ($\bar{Y}$) diperoleh nilai 353,88 Ωm

Jika penyelidikan tanah dengan metode Geolistrik menemukan nilai resistivitas $> 121,27 \Omega m$ (diambil dari nilai resistivitas minimum dari persamaan diatas), maka resistivitas kedalaman tanah atau batuan dapat dijadikan acuan dalam dugaan rencana kedalaman pemboran uji *Standard Penetration Test (SPT)* dan lapisan tanah atau batuan dengan resistivitas tersebut memiliki ketebalan > 6 meter. Jika ketebalan lapisan < 6 meter, perlu diwaspadai bahwa lapisan tanah atau batuan tersebut merupakan lensa atau sisipan *boulder*.

4. KESIMPULAN

Rencana dugaan kedalaman pemboran pengujian *Standard Penetration Test (SPT)* berdasarkan letak kedalaman material tanah atau batuan yang memiliki resistivitas $> 121,27 \Omega m$. Dengan ketentuan bahwa material tanah atau batuan memiliki resistivitas $> 121,27 \Omega m$ memiliki ketebalan lapisan > 6 meter. Bila ketebalannya lapisan < 6 meter, maka patut diduga material tanah atau batuan tersebut merupakan lensa atau sisipan *boulder*, sehingga tidak dapat dipakai acuan dalam

dugaan rencana kedalaman pemboran *Standard Penetration Test (SPT)*.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang sejenis di lokasi berbeda dan tersebar agar diperoleh korelasi data yang lebih akurat dan dapat dianalisis persamaan dan besarnya perbedaan karakteristik tanah atau batuan ditinjau dari penyelidikan *Standard Penetration Test (SPT)* dan Geolistrik.

Perlu dilakukan penelitian khusus dengan karakteristik material tanah jenis pasir yang mengandung akuifer tawar/payau/asin yang memiliki resistivitas $< 16,7 \Omega m$ khususnya dengan ketebalan lapisan yang relatif tebal terhadap besarnya pengaruh jumlah tumbukan (N) pada pengujian *Standard Penetration Test (N-SPT)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Chin, W. W. 1998. *The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling*. Modern Methods for Business Research, 295, 336
- Fahriani, Fera dan Apriyanti, Yayuk, 2015, *Analisis Daya Dukung Tanah dan Penurunan Pondasi pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bangka*, Jurnal Fropil, Vol.3, Juli-Desember
- Hanafiah, H.,Z., Jaya, Zairipan., Reza, Muhammad. 2020. *Rekayasa Fondasi Untuk Program Vokasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Hardiyatmo, Hary, Christadi. 2020. *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, Hary, Christadi. 2020. *Mekanikan Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Irianto dan Karma, Georgiana. 2017. *Kajian Daya Dukung Pondasi Bored Pile pada Pembangunan Gedung Bank Indonesia, Jayapura, Papua*, Jurnal Teknik Sipil USTJ, Vol.6 No.1 Bulan Juni
- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Edgbaston: The University of Birmingham
- Pamungkas, Anugrah dan Harianti, Erni. 2013, *Desain Pondasi Tahan Gempa*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- S, V.D., W, N.R., Pranatya, A., Saragih, D. A & Nababan, R.N, *Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Di Kawasan Komersial*, Abhinaya Mappindo Bumitala
- Suwarna, N., dan Noya, Y. 1995. *Peta Geologi Lembar Jayapura (Peg. Cycloops) Irian Jaya*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G)
- Syukri, Muhammad. 2020. *Dasar-dasar Metode Geolistrik*, Banda Aceh: Syiah Kuala University Press
- Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheiff, R.E. 1990. *Applied Geophysics 2nd Edition*. Cambridge: Cambridge University