

Studi Asseemen Kegagalan Struktur Menara Transmisi Tpe DD6+6 Roboh SUTT 150 KV Lamongan – Paciran

Bambang Kiswono ¹Fardatul Husniah¹

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

Bambangkiswono@ft.um-surabaya.ac.id

Abstract

in the analysis of the bearing capacity of the existing foundation, it was found that the carrying capacity of the tensile and compressive permits require 15 piles are needed to meet the tensile bearing capacity. While in the field there are only 5 Bored Piles on each leg of the transmission tower. For the design of a new foundation plan that is safe, an analysis is carried out using the Luciano Decourt method using SPT (Standard Penetration Test) data by comparing Bored Piles and piles. From this analysis it can be concluded that using a pile type foundation is more effective because it requires fewer piles Bored Piles which use 4 piles with the same dimensions, namely 35 cm with a pile depth of 15 meters.

Keywords: Assesment, Foundation, Driven Pile, Bored Pile, Tower

Abstrak

Dalam Analisis perhitungan struktur menara yang dilakukan dengan program MS Tower V6 didapatkan bahwa stress ratio masih memenuhi syarat dan kondisi fisik di lapangan tidak ditemukan tanda terjadinya kegagalan struktur menara. Pada Analisis daya dukung Fondasi existing diindikasikan bahwa daya dukung ijin tarik dan tekan dibutuhkan 15 tiang untuk memenuhi daya dukung Tarik. Kondisi di lapangan hanya terdapat 5 tiang Bored Pile pada setiap kaki menara transmisi. Untuk desain Fondasi rencana baru yang aman dilakukan Analisis dengan metode Luciano Decourt menggunakan data SPT (Standart Penetration Test) dengan membandingkan Bored Pile dan tiang pancang. Dari Analisis tersebut dapat disimpulkan menggunakan Fondasi jenis tiang pancang lebih efektif karena membutuhkan tiang lebih sedikit yaitu 5 tiang daripada Bored Pile yang menggunakan 4 tiang dengan dimensi sama yaitu 35 cm dengan kedalaman tiang 15 meter.

Kata Kunci: Asesmen, Fondasi, Tiang Pancang, Bored Pile, Menara

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia dalam kegiatan sehari-hari – harinya tidak terlepas dari namanya energi terutama energi listrik. Listrik merupakan salah satu faktor pendukung penting bagi kehidupan kalangan manusia, karena banyak sekali peralatan yang menggunakan energi listrik. Seperti televisi, sertika, mesin cuci, dan lain – lain.

PT.PLN merupakan perusahaan yang bergerak di bidang ketanagalistrikan. PLN berkewajiban menyuplai listrik untuk kemudian dimanfaatkan sebesar – besarnya untuk kepentingan masyarakat dan Negara. Untuk menghasilkan listrik PLN membuat beberapa pembangkit listrik yang tersebar diberbagai daerah.

Dalam upaya penyediaan listrik dibutuhkan sistem penyaluran listrik. Sistem Penyaluran merupakan salah satu bagian utama dalam struktur sistem tenaga listrik yang berperan untuk mengirimkan daya listrik yang dimulai dari pembangkitan kemudian disalurkan melalui jaringan transmisi dan disalurkan ke instalasi pengguna tenaga listrik dengan menggunakan saluran distribusi. Saluran transmisi adalah media yang digunakan untuk mentransmisikan listrik dari pembangkit listrik pada konsumen pengguna listrik. Sistem transmisi dan kapasitas tegangan yang disalurkan meliputi Saluran Udara Tegangan Tinggi(SUTT), Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi(SUTET), dan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT).

Pada sistem saluran tenaga listrik sering terjadi gangguan – gangguan yang dapat mengakibatkan tergan

ggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal.

Gangguan yang terjadi pada menara transmisi saluran udara bisa diakibatkan dari gangguan disebabkan system kelistrikan, gangguan eksternal atau gangguan dikarenakan adanya anomali pada struktur menara transmisi saluran udara sendiri. Pada gangguan yang disebabkan anomaly struktur, anomaly dapat terjadi pada bagian struktur menara transmisi (upper structure) atau pada bagian struktur Fondasi.

Dalam pembangunannya, transmisi listrik memiliki beberapa menara penghubung yang dibangun sesuai dengan ketinggian tertentu pada beberapa titik yang sudah ditentukan. Dalam pembangunan menara listrik, tahapan yang cukup penting adalah perencanaan Fondasinya. Menara listrik dapat menggunakan Fondasi dangkal maupun Fondasi dalam sesuai dengan kondisi tanah di lokasi pembangunan. Baik Fondasi dangkal maupun Fondasi dalam, mengharuskan untuk melakukan penyelidikan tanah melalui beberapa metode yang umum dilaksanakan di setiap tahapan pembangunan Fondasi.

Fondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban menuju lapisan tanah pendukung dibawahnya, oleh karena itu suatu Fondasi harus diperhitungkan dengan benar agar dapat menjamin kestabilan suatu bangunan. Disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diijinkan.

Gangguan yang terjadi pada struktur Fondasi terjadi pada Menara transmisi 09 SUTT 150 kV Lamongan

– Paciran terjadi pada tanggal 17 Juni 2021. Fondasi menara transmisi mengalami uplift sehingga menyebabkan menara transmisi roboh dan mengganggu penyaluran tenaga listrik pada pelanggan. Pada Menara transmisi 09 SUTT 150 kV Lamongan – Paciran digunakan Fondasi dalam jenis Bored Pile dikarenakan menara tersebut terletak pada daerah persawahan sehingga rentan terjadinya penurunan.

Perlu dilakukan Analisis penyebab robohnya Menara transmisi T09 SUTT 150 kV Lamongan – Paciran agar kejadian tersebut tidak sampai terulang dan tidak mengganggu penyaluran listrik. Analisis yang dilakukan yaitu penghitungan menara atau kekuatan Menara itu sendiri (upper structure) yang bisa dilakukan dengan bantuan program MS Tower dan perhitungan kekuatan Fondasi (sub structure).

Penelitian yang di lakukan ini tidak terlepas dari penelitian-penelitian terdahulu yang mana dapat menjadi rujukan dalam penulisan dan penyelesaian masalah pada penelitian ini. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang di rujuk diantaranya Perancangan Struktur Atas Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (Sutet) 500 Kv Keramik Muara Tawar Bekasi Menggunakan Peranti Lunak Ms.Tower (Anwar, 2017) dan Perencanaan Fondasi Dan Analisis Stabilitas Tanah Pada Rencana T.534-536 Dan T.540-542 Jalur Transmisi 500 Kv Ungaran-Mandirancan II (Rizqi, 2013).

Dari latar belakang dan permasalahan diatas penulis perlu melakukan asesmen pada menara transmisi dan Fondasi menara serta melakukan perhitungan desain Fondasi baru untuk menjawab apa penyebab robohnya menara transmisi nomor 09 SUTT 150 kV Lamongan – Paciran dan dapat menentukan desain Fondasi baru yang efektif.

METODE

Tahapan pembahasan adalah membahas mengenai analisis gaya vertical, transversal dan longitudinal yang bekerja pada menara transmisi tipe DD6+6 nomor 09 SUTT 150 kV Lamongan – Paciran yang roboh dengan menggunakan aplikasi MS Tower dan menghitung kekuatan Fondasi berdasarkan hasil output MS Tower terhadap daya dukung, uplift dan tekan. Sehingga akan didapat hasil Analisis penyebab menara transmisi roboh. Setelah didapat Analisis Fondasi existing, akan dihitung desain Fondasi baru berdasarkan gaya-gaya yang bekerja pada menara transmisi yang aman.

1. Pemodelan

Pada tahapan ini data – data yang didapat atau dibutuhkan akan dimasukkan kedalam program komputer yang membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Program computer yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah MS TOWER, dan dengan standar SPLN sebagai acuan untuk pemodelan struktur rangka menara baja.

2. Analisis Perhitungan

Sedangkan pada tahapan Analisis perhitungan, kita perlu menyusun beberapa langkah dalam menganalisis

perhitungan pada menara transmisi tersebut yang mengacu kepada Standar PLN yaitu SPLN T5.004:2010. dipakai 2 tahap perhitungan , yaitu:

1. Pemodelan MS Tower
 - a. Perhitungan beban arah vertical, transversal dan horizontal pada kondisi normal dan abnormal (kondisi konduktor putus)
 - b. Membuat model menara transmisi dengan menggunakan aplikasi Autocad
 - c. Model yang selesai dibuat selanjutnya di Analisis kedalam MS TOWER
 - d. Memasukan dimensi profil baja yang telah ada kedalam program
 - e. Memasukkan hitungan pembebanan pada tower loading data
 - f. Memasukkan kombinasi pembebanan yang telah ada kedalam MS TOWER
 - g. Jalankan run analysis dan pengecekan struktur
 - h. Kontrol aman atau tidak struktur atas dengan melihat design ratio, design ratio yaitu perbandingan tegangan yang diterima member dengan kekuatan member itu sendiri, pada program MS TOWER hasil output stress ratio ditunjukkan dengan warna, warna merah menunjukkan > 110%, warna orange menunjukkan <110%, warna merah muda menunjukkan <105%, warna hijau menunjukkan < 100%, warna biru muda menunjukkan < 95%, dan warna biru tua menunjukkan < 50%. Paling aman yaitu jika menunjukkan warna biru tua atau biru muda.
 - i. Dari hasil output MS TOWER akan didapatkan beban yang diterima di setiap Fondasi yang selanjutnya akan dipakai pada perhitungan Fondasi
2. Perhitungan Kekuatan Fondasi
 - a. Perhitungan Fondasi existing
 - 1) Perhitungan daya dukung ijin tekan dan daya dukung ijin Tarik Bored Pile dengan metode Luciano DeCourt yang berdasarkan data hasil SPT
 - 2) Hasil daya dukung vertical kelompok tiang > Pu
 - b. Perhitungan Fondasi baru (Bored Pile dan tiang pancang)
 - 1) Perhitungan daya dukung ijin tekan dan daya dukung ijin Tarik Bored Pile dengan metode Luciano Decourt yang berdasarkan data hasil SPT
 - 2) Perhitungan Dimensi Pile Cap
 - 3) Perhitungan tulangan Fondasi
 - 4) Pembuatan gambar desain Fondasi sesuai hasil perhitungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan pebebanan Menara transmisi

Tabel 1. 1 Arah angin dan kondisi

Arah Angin	Kondisi
Transversal	Normal
	1 kabel tanah putus
	1 kabel tanah putus + 1 konduktor putus
	1 kabel tanah putus + 2 konduktor putus
	1 kabel tanah putus + 3 Konduktor putus
Longitudinal	Normal
	1 kabel tanah putus
	1 kabel tanah putus + 1 konduktor putus
	1 kabel tanah putus + 2 konduktor putus
	1 kabel tanah putus + 3 Konduktor putus

1. Kondisi Normal SF = 1.5

Tabel 1. 2 Pada kondisi normal SF = 1.5

ANGIN ARAH TRANSVERSAL			
Konduktor	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
Zebra 152	31.14	79.02	-23.60
GSW	6.29	16.42	-3.94
OPGW	6.29	16.42	-3.94
ANGIN ARAH LONGITUDINAL			
Konduktor	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
Zebra 152	31.14	77.67	-23.60
GSW	6.29	15.97	-3.94
OPGW	6.29	15.97	-3.94

2. Kondisi Normal Pada Konduktor Putus

(Normal On Bw) Sf = 1.1

Tabel 1. 3 Pada kondisi normal SF = 1.1

ANGIN ARAH TRANSVERSAL			
Konduktor	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
Zebra 152	34.26	57.95	-11.56
GSW	6.92	12.04	-2.89
OPGW	6.92	12.04	-2.89
ANGIN ARAH LONGITUDINAL			
Konduktor	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
Zebra 152	34.26	56.96	-11.56
GSW	6.92	11.71	-2.89
OPGW	6.92	11.71	-2.89

3. Kondisi Konduktor Putus

(Broken Wire) Sf = 1.1

Tabel 1. 4 Pada kondisi normal SF = 1.5

ANGIN ARAH TRANSVERSAL			
Konduktor	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
Zebra 152	37.40	56.93	-6.84
GSW	15.10	11.81	-2.21
OPGW	15.10	11.81	-2.21
ANGIN ARAH LONGITUDINAL			
Konduktor	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
Zebra 152	37.40	56.14	-6.84
GSW	15.10	11.54	-2.21
OPGW	15.10	11.54	-2.21

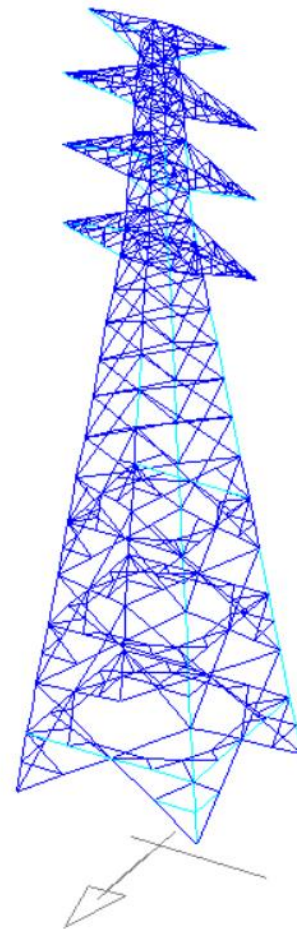
Setelah didapatkan nilai fx, fy, fz diinput pada aplikasi MS Tower V6 dan didaptnkan hasil support reaction maximum dan minimum sebagai berikut

Tabel 1. 5 nilai minimum dan maksimum

Nilai	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN)	My (kN)	Mz (kN)
Max	64.405	133.673	1186.962	0.222	6.216	0.268
Min	-164.147	-164.746	-1037.69	-5.91	-4.187	-0.203

4. Hasil stress ratio

Hasil *stress ratio* dapat dilihat pada gambar 1.1. Dari tabel legenda 1.6 dapat diketahui hasil *stress ratio* menara transmisi masih memenuhi syarat.



Gambar 1. 1 Hasil output stress ratio menara transmisi

Tabel 1. 6 Legenda stress ratio hasil output aplikasi MS Tower V6

DESAIN RATIO - % OF CODE CAPACITY	
<= 50	■
<= 95	■
<= 100	■
<= 105	■
<= 110	■
> 110	■

5. Perhitungan kekuatan Fondasi existing (Bored Pile) Metode Luciano DeCourt

Tabel 1. 7 Hasil Perhitungan kapasitas Fondasi Bored Pile existing

Kedalaman (m)	NSPT	V'	Np	Karakteristik tanah	K	Ap	Ns	As	Qp	Qs	Qd	Qd	Qd	Jumlah tiang	Cu	Wp	Tun	Tall	Jumlah tiang
m					kN/m ²	m ²		m ²	kN	kN	kN	kN	kN	buah	kN/m ²	kN	kN	kN	buah
1.00	2.00	2.00	1.50	Lempung berlembut	196.00	0.07	-	0.94	17.66	0.75	10.42	7.36	140.93	104.83	1.70	41.20	16.48	72.03	
2.00	3.00	3.00	15.40		196.00	0.07	-	1.88	189.38	1.51	182.77	73.11	34.13	104.83	3.39	82.39	32.56	36.02	
3.00	12.00	12.00	24.30		196.00	0.07	12.00	2.83	266.00	11.30	297.32	118.95	8.73	104.83	5.08	123.59	49.43	24.01	
4.00	23.00	23.00	27.00	Lempung berlembut	196.00	0.07	15.50	3.77	317.80	18.59	336.39	134.55	7.71	104.83	6.78	164.78	65.91	18.01	
5.00	20.00	17.50	29.30		196.00	0.07	16.17	4.71	344.07	24.07	368.94	147.58	7.03	104.83	8.48	205.98	82.39	14.41	
6.00	18.00	16.50	23.15		196.00	0.07	16.25	5.65	272.48	29.01	301.50	120.60	8.60	132.29	10.17	169.25	123.70	5.60	
7.00	12.00	12.00	17.85	Lempung berlembut	196.00	0.07	15.40	6.59	210.00	32.35	242.45	96.39	10.70	132.29	11.87	160.80	144.32	8.22	
8.00	8.00	8.00	25.20		196.00	0.07	14.17	7.54	296.61	34.50	331.11	132.44	7.83	132.29	13.58	412.34	164.94	7.20	
9.00	17.00	16.50	38.00		196.00	0.07	14.43	8.48	329.57	38.40	368.97	147.59	7.03	132.29	15.38	462.88	185.55	6.40	
10.00	25.00	20.00	36.20	Lempung berlembut	196.00	0.07	15.13	9.42	426.08	45.53	471.61	188.65	5.50	132.29	16.98	515.42	205.17	5.76	
11.00	32.00	23.50	44.20		196.00	0.07	16.06	10.36	520.25	52.65	572.90	229.16	4.53	196.13	18.65	833.57	332.63	3.57	
12.00	42.00	28.50	47.75		196.00	0.07	17.30	11.30	562.08	61.59	623.27	248.29	4.16	196.13	20.35	907.17	362.97	3.27	
13.00	45.00	30.00	53.25	Batuan lempung	117.00	0.07	18.45	12.25	574.14	70.06	644.20	277.68	3.84	196.13	22.04	982.77	393.11	3.02	
14.00	50.00	32.50	55.20		117.00	0.07	19.63	13.19	587.84	79.57	667.41	296.96	3.55	196.13	23.74	1,058.36	423.35	2.80	
15.00	52.00	33.50	57.65		117.00	0.07	20.89	14.13	605.06	89.27	694.33	317.73	3.25	196.13	25.43	1,133.96	453.58	2.62	
16.00	54.00	34.50	60.55	Batuan lempung	117.00	0.07	19.63	15.07	625.45	90.69	716.17	336.55	3.02	196.13	27.13	1,208.56	483.82	2.45	
17.00	58.00	36.50	62.25		117.00	0.07	19.63	16.01	637.38	96.62	734.00	353.60	2.80	196.13	28.83	1,285.16	514.06	2.31	
18.00	60.00	37.50	63.25		117.00	0.07	19.63	16.96	644.40	102.30	746.70	368.68	2.58	196.13	30.53	1,360.75	544.30	2.18	
19.00	60.00	37.50	63.75	Batuan lempung	117.00	0.07	19.63	17.90	647.38	107.68	755.06	382.36	2.36	196.13	32.23	1,436.35	574.54	2.07	
20.00	60.00	37.50	18.75		117.00	0.07	19.63	18.84	133.74	113.67	245.41	98.16	20.57	196.13	33.93	1,511.95	604.78	1.96	

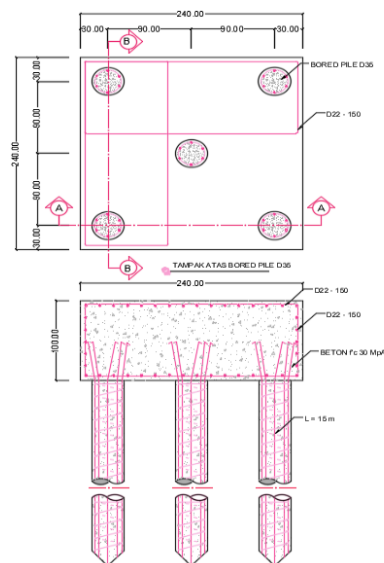
Didapatkan hasil 7 tiang terhadap kapasitas dukung ijin, sedangkan pada kenyataannya di lapangan hanya terdapat 5 bored pile pada setiap kaki menara transmisi. Sehingga dapat dinyatakan pondasi existing menara transmisi **sangat tidak aman**

Didapatkan hasil 15 tiang terhadap kapasitas dukung ijin Tarik, Sedangkan pada kenyataannya di lapangan hanya terdapat 5 bored pile pada setiap kaki menara transmisi. Sehingga dapat dinyatakan pondasi existing menara transmisi **sangat tidak aman**

6. Perhitungan kekuatan Fondasi rencana (Bored Pile) Metode Luciano DeCourt

Tabel 1. 8 Hasil Perhitungan kapasitas Fondasi Bored Pile rencana

Kedalaman (m)	NSPT	V'	Np	Karakteristik tanah	K	Ap	Ns	As	Qp	Qs	Qd	Qd	Qd	Jumlah tiang	Cu	Wp	Tun	Tall	Jumlah tiang
m					kN/m ²	m ²		m ²	kN	kN	kN	kN	kN	buah	kN/m ²	kN	kN	kN	buah
1.00	2.00	2.00	1.50	Lempung berlembut	196.00	0.07	-	1.10	24.03	0.88	24.91	9.96	104.94	104.83	1.31	48.39	19.36	61.32	
2.00	3.00	3.00	17.80		196.00	0.07	-	2.20	285.17	1.76	286.93	114.77	9.04	104.83	4.62	96.78	38.71	30.66	
3.00	12.00	12.00	28.10		196.00	0.07	12.00	3.30	420.18	13.19	433.37	165.35	5.60	104.83	6.92	145.17	58.07	20.44	
4.00	23.00	19.00	30.50	Lempung berlembut	196.00	0.07	15.50	4.40	488.63	21.69	510.32	204.13	5.08	104.83	9.23	193.56	77.43	15.33	
5.00	20.00	17.50	32.90		196.00	0.07	16.17	5.50	522.27	28.09	550.36	220.14	4.71	104.83	11.54	241.96	96.78	12.26	
6.00	18.00	16.50	25.35		196.00	0.07	16.25	6.59	488.33	33.85	440.18	177.27	5.05	132.29	13.85	362.78	145.11	8.18	
7.00	12.00	12.00	19.45	Lempung berlembut	196.00	0.07	15.40	7.69	311.60	37.75	349.35	139.74	7.43	132.29	16.16	423.24	169.30	7.01	
8.00	8.00	8.00	28.40		196.00	0.07	14.17	8.79	454.99	40.25	495.23	198.09	5.24	132.29	18.46	483.70	192.48	6.13	
9.00	17.00	16.50	32.00		196.00	0.07	14.43	9.89	512.66	45.97	558.63	223.45	4.64	132.29	20.77	544.16	217.67	5.45	
10.00	25.00	20.00	40.50	Lempung berlembut	196.00	0.07	15.13	10.99	655.25	53.12	708.36	283.35	3.66	132.29	23.08	604.63	246.85	4.91	
11.00	32.00	23.50	49.90		196.00	0.07	16.06	12.09	796.43	61.43	857.86	344.34	3.01	196.13	25.39	973.79	389.52	3.05	
12.00	42.00	28.50	53.75		196.00	0.07	17.30	13.19	861.11	71.39	932.50	373.00	2.78	196.13	27.69	1,062.32	424.93	2.79	
13.00	45.00	30.00	59.75	Batuan lempung	117.00	0.07	18.45	14.29	571.42	81.74	653.15	361.36	2.97	196.13	30.00	1,150.85	480.94	2.58	
14.00	50.00	32.50	61.90		117.00	0.07	19.63	15.29	595.97	92.83	688.80	373.92	2.79	196.13	32.31	1,239.37	495.75	2.39	
15.00	52.00	33.50	64.55		117.00	0.07	20.89	16.45	617.31	104.15	721.47	388.39	2.60	196.13	34.62	1,327.90	531.16	2.23	
16.00	54.00	34.50	67.85	Batuan lempung	117.00	0.07	19.63	17.58	648.87	106.09	754.96	401.99	2.44	196.13	36.93	1,416.43	566.57	2.09	
17.00	58.00	36.50	69.35		117.00	0.07	19.63	18.68	667.04	112.72	779.77	411.91	2.33	196.13	39.23	1,504.95	602.98	1.97	
18.00	60.00	37.50	70.75		117.00	0.07	19.63	19.78	676.41	119.35	795.56	423.38	2.26	196.13	41.54	1,593.48	637.39	1.86	
19.00	60.00	37.50	71.25	Batuan lempung	117.00	0.07	19.63	20.88	686.39	125.98	812.37	432.95	2.21	196.13	43.85	1,682.01	672.80	1.76	
20.00	60.00	37.50	18.75		117.00	0.07	19.63	21.98	179.31	132.61	311.93	124.77	8.32	196.13	46.16	1,770.53	708.21	1.68	



Gambar 1. 2 Gambar pondasi bored pile rencana dari hasil perhitungan

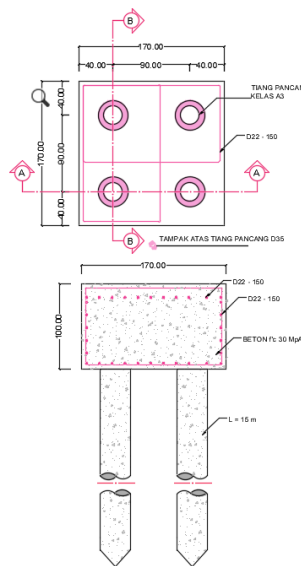
7. Perhitungan Penurunan Berdasarkan Metode Vesic

Tabel 1. 9 Hasil Perhitungan penurunan Fondasi Bored Pile rencana

Kedalaman	Ap	Wp	Q	Kn/m2	s	S	Bg	Sg	Sizin	Ket.
m	m ²	kN	kN		m	m	m	m	m	
1	0.10	11.54	1,049.23	25,742,960.20	0.004	1.05	1.26	0.007	0.00	TIDAK!
2	0.10	23.08	1,060.77	25,742,960.20	0.004	1.05	1.26	0.008	0.01	TIDAK!
3	0.10	34.62	1,072.31	25,742,960.20	0.005	1.05	1.26	0.009	0.01	OK
4	0.10	46.16	1,083.85	25,742,960.20	0.005	1.05	1.26	0.010	0.02	OK
5	0.10	57.70	1,095.39	25,742,960.20	0.006	1.05	1.26	0.011	0.02	OK
6	0.10	69.24	1,106.93	25,742,960.20	0.006	1.05	1.26	0.012	0.02	OK
7	0.10	80.78	1,118.47	25,742,960.20	0.007	1.05	1.26	0.013	0.03	OK
8	0.10	92.32	1,130.01	25,742,960.20	0.007	1.05	1.26	0.014	0.03	OK
9	0.10	103.86	1,141.55	25,742,960.20	0.008	1.05	1.26	0.015	0.04	OK
10	0.10	115.40	1,153.09	25,742,960.20	0.008	1.05	1.26	0.016	0.04	OK
11	0.10	126.93	1,164.62	25,742,960.20	0.009	1.05	1.26	0.016	0.04	OK
12	0.10	138.47	1,176.16	25,742,960.20	0.009	1.05	1.26	0.017	0.05	OK
13	0.10	150.01	1,187.70	25,742,960.20	0.010	1.05	1.26	0.019	0.05	OK
14	0.10	161.55	1,199.24	25,742,960.20	0.010	1.05	1.26	0.020	0.06	OK
15	0.10	173.09	1,210.78	25,742,960.20	0.011	1.05	1.26	0.021	0.06	OK
16	0.10	184.63	1,222.32	25,742,960.20	0.011	1.05	1.26	0.022	0.06	OK
17	0.10	196.17	1,233.86	25,742,960.20	0.012	1.05	1.26	0.023	0.07	OK
18	0.10	207.71	1,245.40	25,742,960.20	0.013	1.05	1.26	0.024	0.07	OK
19	0.10	219.25	1,256.94	25,742,960.20	0.013	1.05	1.26	0.025	0.08	OK
20	0.10	230.79	1,268.48	25,742,960.20	0.014	1.05	1.26	0.026	0.08	OK

Tabel 1. 10 Hasil Perhitungan Kapasitas Fondasi Tiang Pancang Rencana

Kedalaman (m)	NSPT	N'	Np	Karakteristik tanah	K (kN/m ²)	A _p (m ²)	N _s	A _s (m ²)	Q _p (kN)	Q _s (kN)	Q _u (kN)	Jumlah tiang buah	C _u (kN/m ²)	W _p (kN)	Tan (kN)	Tun (kN)	Jumlah tiang buah	
1.00	2.00	2.00	1.50	Lurus berlempek	196.00	0.10	-	1.10	28.27	1.10	29.37	11.75	88.33	104.63	2.31	48.39	19.36	61.32
2.00	3.00	3.00	17.80		196.00	0.10	-	2.20	355.49	2.20	357.69	135.28	7.68	104.63	4.62	96.78	38.71	30.66
3.00	12.00	12.00	28.10		196.00	0.10	12.00	3.30	529.62	36.49	566.11	238.44	4.75	104.63	6.92	145.17	58.07	39.44
4.00	22.00	19.00	36.50	lempung berlempek	196.00	0.10	15.00	4.40	574.86	37.11	611.97	240.79	4.31	104.63	9.23	193.36	77.43	35.32
5.00	20.00	17.00	32.80		196.00	0.10	16.17	5.50	634.44	35.11	669.55	239.81	3.99	104.63	11.54	241.36	96.76	32.26
6.00	18.00	16.50	25.35		196.00	0.10	16.25	6.59	481.56	42.31	523.87	289.55	4.95	132.29	13.85	362.78	145.11	8.18
7.00	12.00	12.00	19.45	lempung berlempek	196.00	0.10	15.40	7.69	386.59	47.18	433.77	385.51	6.27	132.29	16.16	423.24	269.30	7.01
8.00	8.00	8.00	28.40		196.00	0.10	14.17	8.79	355.28	50.11	385.39	234.24	4.43	132.29	18.46	483.70	299.48	6.13
9.00	17.00	16.00	32.10		196.00	0.10	14.43	9.89	603.12	57.46	660.59	264.24	3.93	132.29	20.77	544.35	227.87	5.45
10.00	25.00	20.00	40.50	lempung berlempek	196.00	0.10	15.13	10.99	770.88	66.40	837.27	334.91	3.10	132.29	23.08	604.63	241.85	4.91
11.00	32.00	23.50	49.50		196.00	0.10	16.06	12.09	940.51	76.79	1,017.30	406.92	2.35	136.13	25.39	973.75	389.52	3.05
12.00	42.00	28.50	53.75		196.00	0.10	17.30	13.19	1,013.07	89.24	1,102.31	440.92	2.35	136.13	27.69	1,062.32	424.93	2.79
13.00	45.00	37.00	59.75	batuan lempung	117.00	0.10	18.45	14.29	672.25	102.17	774.42	393.77	3.35	136.13	30.00	1,150.85	469.34	2.58
14.00	50.00	37.50	63.50		117.00	0.10	19.63	15.39	696.44	116.04	812.47	324.99	3.19	136.13	32.31	1,239.37	495.75	2.39
15.00	52.00	33.50	64.50		117.00	0.10	20.69	16.49	726.25	130.19	856.44	342.58	3.03	136.13	34.62	1,327.90	521.16	2.23
16.00	54.00	34.50	67.85	batuan lempung	117.00	0.10	19.63	17.59	763.38	132.61	895.99	338.40	2.90	136.13	36.93	1,416.43	546.57	2.09
17.00	58.00	36.50	69.75		117.00	0.10	19.63	18.69	784.76	140.90	925.66	370.26	2.80	136.13	39.23	1,504.95	601.98	1.97
18.00	60.00	37.50	70.75		117.00	0.10	19.63	19.79	796.01	149.13	945.20	378.08	2.74	136.13	41.54	1,593.48	637.39	1.86
19.00	60.00	37.50	71.25		117.00	0.10	19.63	20.89	801.63	157.48	959.11	383.64	2.70	136.13	43.85	1,682.01	672.80	1.76
20.00	60.00	37.50	78.75		117.00	0.10	19.63	21.99	813.96	165.77	979.73	390.69	6.89	136.13	46.16	1,770.53	708.21	1.68



Gambar 1. 3 Gambar pondasi tiang pancang rencana dari hasil perhitungan

Tabel 1. 11 Tabel Hasil Perhitungan penurunan Fondasi tiang pancang rencana

Kedalaman (m)	Ap m2	Wp kN	Q kN	Ep kN/m2	s m	S m	Bg m	Sg m	Sizin m	Ket.
1.00	0.10	9.23	1,046.92	25,742,960.20	0.004	1.05	1.26	0.007	0.00	TIDAK!
2.00	0.10	18.46	1,056.15	25,742,960.20	0.004	1.05	1.26	0.008	0.01	TIDAK!
3.00	0.10	27.69	1,065.38	25,742,960.20	0.005	1.05	1.26	0.009	0.01	OK
4.00	0.10	36.92	1,074.62	25,742,960.20	0.005	1.05	1.26	0.010	0.02	OK
5.00	0.10	46.16	1,083.85	25,742,960.20	0.006	1.05	1.26	0.011	0.02	OK
6.00	0.10	55.39	1,093.08	25,742,960.20	0.006	1.05	1.26	0.012	0.02	OK
7.00	0.10	64.62	1,102.31	25,742,960.20	0.007	1.05	1.26	0.013	0.03	OK
8.00	0.10	73.85	1,111.54	25,742,960.20	0.007	1.05	1.26	0.013	0.03	OK
9.00	0.10	83.08	1,120.77	25,742,960.20	0.008	1.05	1.26	0.014	0.04	OK
10.00	0.10	92.32	1,130.01	25,742,960.20	0.008	1.05	1.26	0.015	0.04	OK
11.00	0.10	101.55	1,139.24	25,742,960.20	0.009	1.05	1.26	0.016	0.04	OK
12.00	0.10	110.78	1,148.47	25,742,960.20	0.009	1.05	1.26	0.017	0.05	OK
13.00	0.10	120.01	1,157.70	25,742,960.20	0.010	1.05	1.26	0.018	0.05	OK
14.00	0.10	129.24	1,166.93	25,742,960.20	0.010	1.05	1.26	0.019	0.06	OK
15.00	0.10	138.47	1,176.16	25,742,960.20	0.011	1.05	1.26	0.020	0.06	OK
16.00	0.10	147.71	1,185.40	25,742,960.20	0.011	1.05	1.26	0.021	0.06	OK
17.00	0.10	156.94	1,194.63	25,742,960.20	0.012	1.05	1.26	0.022	0.07	OK
18.00	0.10	166.17	1,203.86	25,742,960.20	0.012	1.05	1.26	0.023	0.07	OK
19.00	0.10	175.40	1,213.09	25,742,960.20	0.013	1.05	1.26	0.024	0.08	OK
20.00	0.10	184.63	1,222.32	25,742,960.20	0.013	1.05	1.26	0.025	0.08	OK

KESIMPULAN

- Berdasarkan perhitungan kekuatan struktur menara transmisi didapatkan beban yang ditanggung oleh Fondasi pada tabel 5.1

Tabel 1. 12 Hasil pembebanan

Nilai	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN)	My (kN)	Mz (kN)
Max	64.405	133.673	1186.962	0.222	6.216	0.268
Min	-164.147	-164.746	-1037.69	-5.91	-4.187	-0.203

Pada program MS Tower V6 juga didapatkan bahwa *stress ratio* masih memenuhi syarat dan kondisi fisik di lapangan tidak ditemukan tanda terjadinya kegagalan struktur menara (bending/punter, buckling/tekuk, crack/retak)

- Berdasarkan perhitungan kekuatan Fondasi *Bored Pile* existing ditemukan bahwa daya dukung ijin Tarik dan daya dukung ijin tekan memang tidak aman. Dibutuhkan 7 buah tiang untuk memenuhi daya dukung tekan dan dibutuhkan 15 tiang untuk memenuhi daya dukung Tarik. Sedangkan di lapangan hanya terdapat 5 tiang *Bored Pile* pada setiap kaki menara transmisi. Sehingga dapat dinyatakan Fondasi existing menara transmisi T09 SUTT 150 kV Lamongan – Paciran terhadap daya dukung sangat tidak memenuhi

Tabel 1. 13 Hasil perhitungan Fondasi existing

Qp (kN)	368.41 kN
Qs (kN)	25.75 kN
Qu (kN)	394.16 kN/tiang
Qa (kN)	157.66 kN/tiang
Jumlah tiang	7 buah
Ta (kN)	205.98 kN/tiang
Tall (kN)	82.39 kN/tiang
Jumlah tiang	15 tiang

- Hasil perhitungan Fondasi rencana :

Tabel 1. 14 Hasil Perhitungan

Jenis pondasi	Dimensi (cm)	Kedalaman (m)	Jumlah (buah)	Tulangan		Dimensi Pile cap (m)	Tulangan	
				Utama	Sengkang		utama	tekan
Bored Pile	35	15	5	6D22	P10 - 150	1.6 x 1.6 x 1	D22 -150	D22 -150
Tiang Pancang	35	15	4	Kelas A3		2.2 x 2.2 x 1	D22 -150	D22 -150

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 1726 : 2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta
- Bowles, J. E., 1997, Foundation Analysis and Design, Fifth Edition, Washington D.c.
- Dirgananta, M. Fahri. 2018. Perencanaan Ulang Fondasi Tiang Pancang dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Mayerhoff, Aoki & De Alencar, dan Luciano Decourt. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Endah, Noor., Mochtar, Indrasurya B., M. Das, Braja. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip– prinsip Rekayasa Geoteknik). Erlangga, Jakarta.

- Hardiyatmo, H.C., 2001, Prinsip – prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaian 1, Betta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2008. Teknik Fondasi 2. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hardiyatmo, H.C. 2010. Mekanika Tanah 2. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2015. Analisis dan Perancangan Fondasi II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Harianti, Erny dan Pamungkas, Anugrah. 2013. Desain Fondasi Tahan Gempa Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002. Penerbit ANDI. Yogyakarta
- Hidayat Mz, Ibnu. 2018. Perencanaan Ulang Struktur Bawah dengan Fondasi Bored Pile pada Gedung White Hotel Sedan Yogyakarta. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- HS, Suryadi., Santosa, Budi., Suprpto, Heri. Dasar Mekanika Tanah. Gunadarma, Jakarta.
- Mayangsari. 2018. Analisis Perbandingan Fondasi Tiang Pancang dengan Fondasi Tiang Bor pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Brawijaya. Tugas Akhir. Universitas Brawijaya, Malang.
- Mayerhof, G.G. 1965. Shallow Foundation Journal of The Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE. Vol 91. No.SM2. pp 21-31
- Nurdiani, Nina. 2013. Pekerjaan Fondasi Tiang Pancang : Pemancangan, Kendala dan Teknologi Terbaru. Penelitian. Universitas Bina Nusantara. Jakarta.