

KAJIAN TERHADAP FONDASI BENDUNG KARET KALI LAMONG I DI KABUPATEN GRESIK JAWA TIMUR

Kabul Basah Suryolelono^{*)}

ABSTRACT

Karet Kali Lamong I weir is situated on Kedanyang Village, Cerme Sub District, Gresik District of East Java Province. This weir is utilized to supply potable water for Gresik area. The weir was constructed on soft clay layer with shallow ground water surface. The foundation uses the 15 m pile length. During the pile driving, the pile penetrates automatically into the ground because of its own weight, and it was disappeared into the ground. In an other word, it can be said that the piles were drawn into the ground. Thus, the pile driving is then stopped. Considering this situation, a study towards the construction of the foundation is highly required.

To conduct a study towards the weir, an observation about the condition of the soil layer under the surface is required. Based on this observation, information to determine the foundation type can be obtained. For the purpose of the field test, the 20 kN static cone penetration and hand auger apparatus are utilized to gain the soil sample. The laboratory test is needed to examine the sample and to determine the physical and mechanical characteristics of the soil samples.

Based on this study, the foundation type of Karet Kali Lamong I weir is the 25 to 30 meter piles with allowable load capacity of single piles of 350 kN (compression), 35 kN (traction), and 35 kN (lateral). The 15 meter pile (such as the one that has been driven) can not be used as the foundation pile for Kare Kali Lamong I weir due to the pile length is not adequate and the load capacity of single piles can not restrain the working load.

PENDAHULUAN

Bengawan Solo merupakan salah satu sungai terbesar di Pulau Jawa dengan daerah pengaliran seluas 16.100 km², panjang alur sungai 600 km, terletak di dua Daerah Tingkat I yaitu Daerah Tingkat I Jawa Tengah, dan Daerah Tingkat I Jawa Timur.

Perkembangan di sekitar daerah ini, sudah demikian pesat dengan munculnya berbagai kawasan industri dan pemukiman baru, sehingga untuk dapat melayani kebutuhan air bersih di kawasan andalan di sub Bengawan Solo Hilir, diperlukan rencana umum sistem penyediaan air baku yang realistis.

Sumber daya air yang diandalkan untuk skala besar adalah sungai Bengawan Solo, beserta anak-anak sungainya di daerah Bengawan Jero, Kali Lamong, pembangunan bendungan kecil (embung-embung) yang disesuaikan kondisi masing-masing daerah.

Wilayah sungai Bengawan Solo Hilir merupakan salah satu dari tiga sub wilayah pengembangan di daerah pengembangan wilayah sungai Bengawan Solo yang mencakup Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Bengawan Solo Hilir, DPS Kali Lamong, dan DPS Pantura. Di DPS Kali Lamong inilah Bendung Karet ini berada.

Permasalahan yang dijumpai pada saat pelaksanaan pekerjaan fisik Bendung Karet Kali Lamong I adalah fondasi tiang dengan panjang 15 meter. Pada saat beberapa tiang dipancang, tanpa tenaga dari alat mesin pancang tiang masuk ke dalam tanah akibat berat sendiri, sehingga pemancangan tiang dihentikan. Tiang seolah-olah tenggelam ke dalam tanah. Tampak fondasi tiang direncanakan hanya untuk melawan gaya angkat (*up-lift*) yang terjadi, dan gaya lateral akibat perbedaan tinggi muka air di bagian hulu dan hilir bendung, sedang fondasi bangunan bendung mengandalkan tipe fondasi langsung.

Untuk itu perlu dilakukan penelitian di lokasi tersebut, selain digunakan untuk mengkaji tipe fondasi yang cocok dengan konstruksi Bendung Kali Lamong I serta kuat dukung tiang.

TINJAUAN PUSTAKA

Daerah pantai utara Jawa umumnya merupakan daerah dataran rendah, dan tanah sedimentasi seperti di lokasi Bendung Kali Lamong I. Kondisi tanah berupa tanah lanau kelempungan, kenyang air dengan kuat dukung sangat rendah. Letak tanah keras sangat dalam, dan muka air tanah dangkal dari muka tanah setempat (Anonim, 1991). Apabila di lokasi ini didirikan suatu bangunan di atasnya, bangunan ini akan menderita gaya angkat (*up-lift*). Tipe fondasi yang paling menguntungkan adalah fondasi tiang atau caisson (Cernica, 1995), tetapi dalam pelaksanaan pemancangan tiang akan berpengaruh terhadap lingkungan, terutama getaran yang ditimbulkan akibat mesin pancang. Namun cara ini dapat dikatakan efektif, apabila lokasi berada jauh dari pemukiman penduduk (Bowles, 1984).

Pengangkeran tanah (*ground anchor*) merupakan tipe fondasi yang sekarang banyak dikembangkan terutama di daerah dengan pengaruh gaya tarik atau gaya angkat besar. Selain itu, konstruksi ini memberikan banyak keuntungan dalam usaha perbaikan tanah, antara lain pelaksanaannya singkat, praktis, dapat secara langsung diketahui kapasitas tegangannya, serta menghemat biaya (Sellgren, dkk., 1991; Soos, 1973; Xanthakos, 1991).

LANDASAN TEORI

Dalam menyelesaikan permasalahan ini digunakan teori untuk menentukan besarnya kapasitas dukung fondasi tiang yang diungkapkan oleh Begemann (1969) dan Wesley (1977) yang didasarkan diagram hasil uji penetrasi statis (*sondir*). Kapasitas dukung satu tiang dapat ditentukan berdasarkan hubungan sebagai berikut ini.

$$P_a = \frac{A_p \cdot q_c}{SF_1} + \frac{k \cdot q_f}{SF_2}$$

dengan

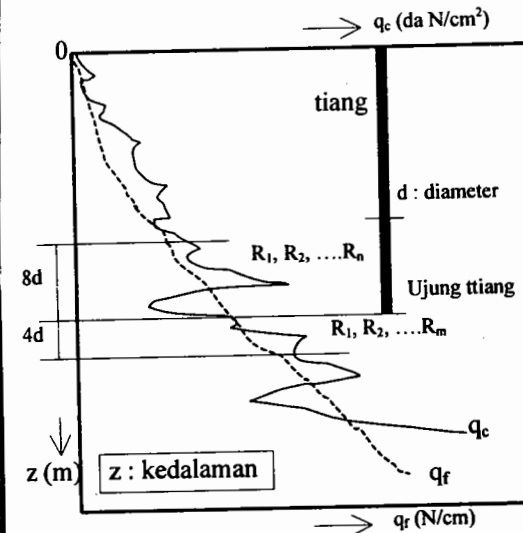
q_f : perlawanan total lekatan (hasil uji penetrasi statis (kN/m^2)),
 k : keliling tiang (m),
 SF : angka aman.

Menurut Wesley (1977), besarnya q_c didasarkan hasil uji penetrasi statis pada kedalaman ujung tiang, sedangkan Begemann (1969) dalam menentukan besarnya q_c adalah sebagai berikut ini.

$$q_c = \frac{R_{P1} + R_{P2}}{2}$$

dengan

R_{P1} : rerata perlawanan ujung konis setebal 8 x diameter tiang dari ujung tiang di sebelah atasnya (kN/m^2),
 R_{P2} : rerata perlawanan ujung konis setebal 4 x diameter tiang dari ujung tiang di sebelah bawahnya (kN/m^2).



R_1, R_2, \dots, R_n : nilai konis setebal 8 diameter tiang
 R_1, R_2, \dots, R_m : nilai konis setebal 4 diameter tiang.

Gambar 1. Menentukan q_c menurut Begemann (1969).

METODE PENELITIAN

Materi merupakan lokasi Bendung Kali Lamong I, berada di desa Kedanyang, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik, Daerah Tingkat I Jawa Timur.

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah alat penetrasi statis (*static cone penetration*) kapasitas 20 kN.

Prosedur penelitian dilakukan sebagai berikut ini.

Alat penetrasi ditempatkan di lokasi yang telah ditentukan, kemudian ditekan ke dalam tanah. Setiap alat ini masuk 20 cm ke dalam tanah, dilakukan pencatatan perlawanan tanah berupa perlawanan ujung (q_c) dan perlawanan hambatan (q_f). Pengujian diulang dan dilanjutkan sampai mencapai kedalaman tanah keras atau nilai hambatan total (perlawanan ujung dan perlawanan hambatan) mencapai $\geq 15 \text{ dN/cm}^2$. Selain alat

ANALISIS HASIL

Berdasarkan hasil uji penetrasi (Anonim, 1993), dapat diketahui kondisi tanah secara umum mempunyai nilai perlawanan ujung (konis) sangat rendah ($<1 \text{ dN/cm}^2$), sampai kedalaman rerata 25 meter – 30 meter, yang didasarkan pada nilai hambatan total sebesar $\geq 15 \text{ dN/cm}^2$). Tampak dari hasil uji ini, permukaan lapisan tanah keras di bawah lokasi Bendung Kali Lamong I hampir dapat dikatakan datar pada kedalaman 25 meter dari permukaan tanah setempat, dan sebageian kecil lokasi pada kedalaman 30 meter.

Jenis tanah di lokasi Bendung Kali Lamong I berdasarkan hasil uji bor, merupakan tanah endapan, berupa tanah lanau kelemungan kenyang air, bercampur dengan pecahan kulit kerang. Warna tanah abu-abu gelap dari permukaan sampai dengan 25 meter- 30 meter dan selanjutnya berupa tanah lempung warna coklat tua, sedangkan muka air tanah di lokasi ini dangkal, 0,50 meter di bawah permukaan tanah setempat.

PEMBAHASAN

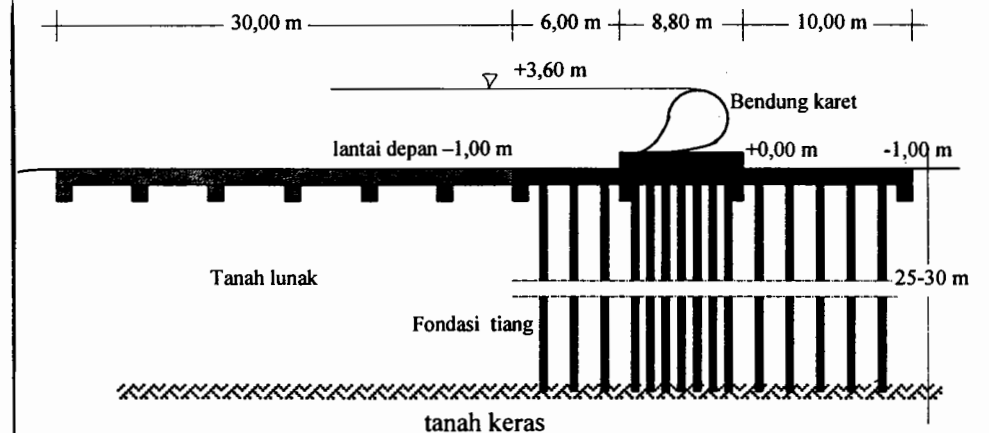
Berdasarkan hasil analisis tebal lapisan tanah lunak dengan nilai konis $< 1 \text{ dN/cm}^2$, maka tipe fondasi yang dapat digunakan adalah fondasi tiang pancang (*pre cast pile*) dengan panjang rerata 25 – 30 meter. Pemilihan tipe ini didasarkan pada besarnya gaya lateral yang akan bekerja pada Bendung Karet Kali Lamong cukup besar, sehingga diperlukan konstruksi fondasi yang mampu melawan gaya lateral, dan gaya aksial desak maupun tarik. Tipe lain yang dapat digunakan adalah dengan penganker tanah (*ground anchor*), tetapi tipe ini hanya cocok untuk fondasi yang menderita beban tarik yang besar, tidak mampu menerima beban horisontal (lateral) ataupun aksial desak. Pada konstruksi bendung ini, konstruksi fondasi akan menerima beban desak, apabila tidak ada perbedaan tinggi muka air di hulu dan hilir bendung (kondisi banjir) atau selesai dibangun. Konstruksi fondasi akan menerima beban lateral (horisontal), apabila bendung menerima beban pada kondisi beban normal yaitu bendung berfungsi menangkap air yang digunakan untuk penyediaan air baku.

Dari hasil analisis kapasitas dukung tiang terhadap beban aksial diperoleh hasil sebagai berikut ini.

Tabel I. Kapasitas dukung tiang berdasarkan metode Begemann dan Wesley.

Lokasi uji penetrasi statis	Kedalaman (m)	Metode Begemann		Metode Wesley	
		Kapasitas dukung ijin tiang		Kapasitas dukung ijin tiang	
		Desak (kN)	Tarik (kN)	Desak (kN)	Tarik (kN)
DC-1	24,0	368	37	402	51
DC-2	24,8	461	53	355	60
DC-3	24,6	595	66	391	66
DC-4	24,0	575	66	413	71
DC-5	24,2	430	77	428	86
DC-6	31,0	624	156	489	157
DC-7	24,0	486	72	421	96
DC-8	24,0	368	37	402	51
DC-9	29,8	498	87	400	87

Dari hasil tersebut, maka digunakan kapasitas dukung ijin tiang untuk desak sebesar 350 kN, dan tarik 35 kN. Dibandingkan dengan hasil uji tiang pancang percobaan yang dilakukan, diperoleh besarnya kapasitas dukung ijin tiang berkisar 348 – 361 kN, sehingga dapat disimpulkan bahwa besarnya kapasitas dukung ijin tiang sebesar 350 kN cukup relevan. Untuk itu fondasi Bendung Karet Kali Lamong I dapat dilihat dalam Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Tampang Bendung Karet Kali Lamong I.

Penentuan kapasitas dukung ijin tiang untuk beban lateral didasarkan metode Broms, 1964, (dalam Poulos dan Davis, 1980) dengan kondisi tiang terjepit pour (pelat beton) di bagian atas dan tiang termasuk klasifikasi panjang (rasio panjang tiang dengan diameter tiang > 12), diperoleh kapasitas dukung ijin satu tiang terhadap gaya lateral sebesar 35 kN.

Tinjauan fondasi tiang pada Bendung Karet Kali Lamong I, terhadap gaya-gaya yang bekerja perlu dilakukan, yaitu pada kondisi bendung selesai dibangun, beban normal, dan beban sementara terutama akibat beban gempa.

- Kondisi selesai dibangun, konstruksi fondasi bendung hanya menerima beban vertikal saja akibat berat sendiri konstruksi, sehingga seluruh berat konstruksi diratakan pada seluruh konstruksi fondasi tiang. Setiap satu tiang akan menerima beban desak sebesar 110 kN lebih kecil dari kapasitas dukung satu tiang untuk menerima beban desak sebesar 350 kN.
- Kondisi beban normal, apabila bendung karet ini berfungsi secara normal. Keadaan ultimit, apabila tinggi muka air di sebelah hulu tepat pada puncak bendung, dan di sebelah hilir bendung tidak ada air (kosong), perbedaan ini sebesar (h_{air}) = 4,50 meter. Gaya maksimum yang bekerja pada satu tiang berupa beban desak sebesar 145,7 kN, dan minimum sebesar 93,3 kN, lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas dukung ijin satu tiang (350 kN), sedangkan gaya lateral untuk satu tiang sebesar 31,7 kN lebih kecil dari kapasitas dukung ijin tiang terhadap gaya lateral sebesar 35 kN.

horizontal akibat gempa. Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang akibat beban sementara berupa beban desak sebesar 163,2 kN dan minimum sebesar 104,6 kN ini masih lebih kecil dari dibandingkan 1,5 (Bowles, 1984) kali kapasitas dukung ijin satu tiang sebesar 525 kN, sedangkan beban lateral untuk satu tiang sebesar 47,5 kN lebih kecil dari kapasitas dukung ijin satu tiang untuk menerima beban lateral sebesar 1,5 kali kapasitas dukung ijin satu tiang terhadap beban lateran sebesar 52,5 kN.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil kajian konstruksi fondasi Bendung Karet Kali Lamong I ini dapat diberikan kesimpulan dan saran sebagai berikut ini.

Kesimpulan

Kondisi lapisan tanah di lokasi Bendung Kali Lamong I merupakan lapisan tanah lunak (lanau kelempungan dalam kondisi kenyang air) setebal 25 – 30 meter dengan nilai konis kurang dari 1 dN/cm², dan nilai hambatan lokal kurang dari 0,5 kN/cm².

Konstruksi fondasi untuk bendung Kali Lamong I berupa tiang pancang dengan kapasitas dukung ijin satu tiang untuk beban desak sebesar 350 kN, beban lateral sebesar 35 kN, dan aman terhadap beban yang bekerja (beban vertikal dan beban lateral).

Saran

Dalam pelaksanaan pemancangan tiang perlu dilakukan secara hati-hati terhadap pengaruh terjadinya tekuk, akibat tiang cukup panjang, dan tiang terjepit di dalam tanah lunak, sehingga perlawanan terhadap tekuk ini sangat kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Proyek Penyediaan Air Baku Bengawan Solo atas kepercayaan, kesempatan dan bantuannya yang diberikan untuk melakukan kajian terhadap Konstruksi Fondasi Bendung Kali Lamong I, dan masalahnya. Semoga hasil kajian ini dapat dimanfaatkan, sehingga usaha penyediaan air baku bagi masyarakat di Kabupaten Gresik tidak mengalami keterlambatan.

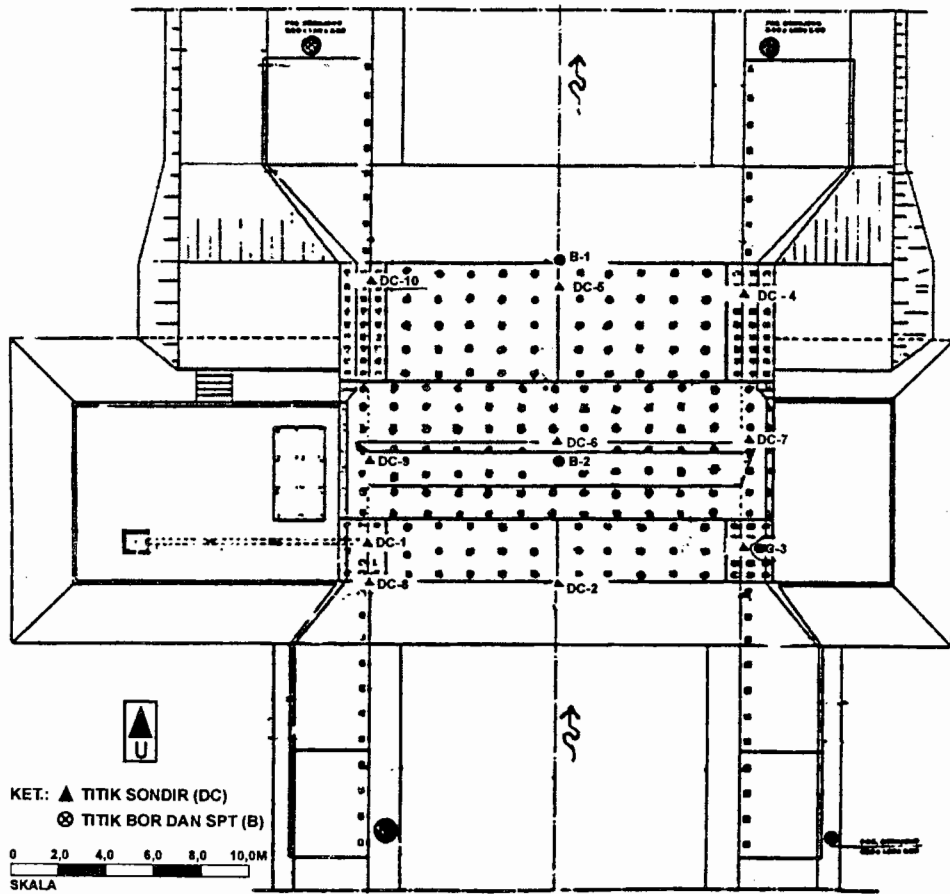
DAFTAR PUSTAKA

- Begemann, 1969, The dutch static penetration test with the adhesion jacket cone, Laboratorium voor Grondmechanica, Delft, The Netherlands, jilid XII, No. 1.
- Bowles, J. E., 1984, Physical and geotechnical properties of soil, McGraw Hill, Singapore.
- Cernica, J. N., 1995, Geotechnical Engineering : Foundation Design, John Wiley & Sons, New York.
- Departemen Pekerjaan Umum, Dir. Jen. Pengairan, Proyek Induk Pengembangan Wilayah Bengawan Solo, Proyek Penyediaan Air Baku Bengawan Solo.1991,

- Poulos, H. G., dan Davis, E. H., 1980, Pile foundation analysis and design, John Wiley & Sons, New York.
- Sandy Soilindo Consultant, 1993, Penyelidikan tanah di Lokasi Bendung Kali Lamong I, Yogyakarta.
- Sanglerat, G., 1972, The penetrometer and soil Exploration, Elsevier Publishing Comp., Amsterdam.
- Sellgren, E., Jacobson, A. B., dan Widmark, 1991, A soil anchoring technique in expansion, Proc. of the 10th European Conf. on Soil Mechanics & Foundation Eng., Florence, Italia, Vol. II, p. 745 – 748.
- Soos, P. V., 1972, Anchors for carrying heavy tensile loads into the soil, Proc. of the 5th European Conf. Soil Mechanics & Foundation Eng., Madrid, Vol. I.
- Wesley, L. D., 1977, Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Xanthakos, P. P., 1991, Ground anchors and anchored structures, John Wiley & Sons, New York.

Lampiran 1

Lokasi Uji Penetrasi Statis (Sondir) dan Bor



Lampiran 2

Contoh Hasil Uji Penetrasi Statis (Sondir)

