

PONDASI TIANG PANCANG DAKTAIL

Indrastono Dwi Atmanto *)

Abstract

The driven ductile iron pile is a simple and economical driven foundation system made from ductile iron pipes. The pipe material is centrifugally-cast ductile iron, which has excellent ductility, strength, and corrosion resistance properties. The material behavior and the manufacturing of the pipes in the plant are described. Questions concerning corrosion are treated. The internal and external bearing capacity is discussed as well as the production of the piles on construction sites. Finally the range of application in practice is presented.

Key words : ductile, iron pipes, driven pile, bearing capacity, corrosion.

Pendahuluan

Pondasi tiang daktail merupakan suatu sistem tiang pancang menggunakan pipa besi daktail sebagai unsur tulangnya. Beberapa keunggulan sistem ini antara lain :

- Bahan tiang pancang tahan terhadap tumbukan pemancangan maupun gaya-gaya perlawanan dalam tanah.
- Ketahanan terhadap bahaya korosi.
- Dengan sistem sambungan pipa sederhana dapat dicapai kedalaman yang besar.
- Pelaksanaan di lapangan dapat menggunakan peralatan ringan.
- Kemudahan pengangkutan tiang ke lokasi, karena ringan.
- Ramah lingkungan karena getaran yang terjadi sewaktu pelaksanaan kecil.

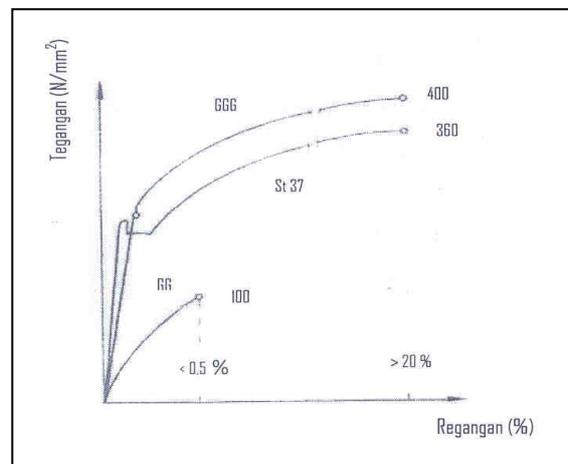
Pondasi tiang daktail mula-mula dikembangkan di Swedia dan pemakaiannya meluas ke Finlandia, Austria, Jerman dan negara-negara lain di dunia. Sistem pondasi tiang pancang daktail terdiri dari pipa besi tuang sentrifugal dengan sistem sambungan unik 'spigot' dan 'socket' yang dipatenkan. Masing-masing segmen pipa dapat dipancang dengan hammer; umumnya panjang segmen 5-6 m; kendati demikian dimungkinkan pula pemakaian pipa lebih pendek dalam pekerjaan di ruang yang terbatas tingginya seperti perbaikan pondasi ruang bawah tanah ('basement'). Komponen-komponen pondasi tiang pancang daktail meliputi :

- Kepala tiang sebagai tumpuan beban struktur atas
- Batang tiang : pipa besi tuang daktail Φ 118 mm, tebal dinding pipa 8-10 mm atau 170 mm dengan ketebalan 11-13 mm
- Komponen sambungan pipa 'socket' dan 'spigot'
- Kaki tiang variatif sesuai jenis tanah dengan konstruksi khusus pada tiang injeksi.

Material

Besi tuang sudah sejak lama digunakan sebagai material konstruksi, utamanya dalam pekerjaan jaringan pipa, karena cukup daktail dan berkekuatan tinggi. Dengan proses penyempurnaan dapat dihasilkan material daktail yang handal sebagai tulangan tiang

pancang. Jenis besi tuang tulangan tiang pancang daktail dapat dibedakan menjadi GG (Gray cast iron) dan GGG (Gray cast iron, globular = Cast iron with Spheroidal Graphite), istilah globular menunjukkan unsur grafit berbentuk bola.



Gambar 1 Diagram tegangan-regangan GG, GGG dan St 37

Dibanding GG yang berperilaku getas dengan regangan patah 0,5 % pada kuat tarik 100 N/mm² maka besi tuang liat mempunyai 'engineering properties' lebih unggul daripada besi St 37 (gambar 1). Perilaku daktail tersebut merupakan kontribusi molekul-molekul grafit berbentuk bola yang menghasilkan trayektori tegangan lebih merata daripada pias-pias grafit pada GG.

Pipa besi diproduksi dengan metoda 'centrifugal casting'. Pada titik cair besi tuang abu-abu diproses menjadi besi tuang daktail dengan penambahan Magnesium-grafit. Material cair mengalir secara merata melalui saluran 'melted cast iron' dalam suatu bentuk gerakan rotasi. Gaya alir yang timbul menekan cairan besi terhadap dinding dalam cetakan dan menghasilkan pipa dengan ketebalan dinding seragam. Setelah proses pendinginan sebentar dalam cetakan, dapatlah pipa yang masih membara dicetak dan selanjutnya didinginkan. Melalui proses pendinginan maka sifat getas material dapat dieliminir. Proses pendinginan secara lambat dan teratur dengan rentang suhu dan durasi akurat menjamin tercapainya nilai kuat desak dan regangan yang tinggi, yang

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

memenuhi syarat sebagai material daktail tiang pancang. Dengan demikian karakteristik fisik-meka-nik besi akan berubah secara signifikan dan terjadi kenaikan kekuatan sehingga sifatnya lebih daktail. Spesifikasi teknis besi tuang daktail disajikan pada tabel 1.

Tabel 1 Sifat-sifat fisik besi tuang

Kuat Desak	900	N/mm ²
Kuat tarik	420	N/mm ²
Batas regangan 0,2	300	N/mm ²
Kekerasan (Brinell)	230	N/mm ²
Modulus elastisitas	160.000	N/mm ²
Kepadatan	7,05	Kg/dm ³
Pemuaian thermal	0,01	mm/m °C

Sifat-sifat kimiawi besi tuang daktail sangat mirip besi tuang abu-abu, sehingga dalam hal ini dapat diterapkan pengalaman teknis perilaku besi tuang abu-abu yang telah terbukti handal terhadap korosi selama bertahun-tahun. Dengan bantuan injeksi maka tulangan daktail semakin terlindung dari bahaya korosi.

Pelaksanaan

Pemancangan tiang daktail dapat dilaksanakan dengan 'hammer' ringan sehingga dapat meminimalisir kebutuhan peralatan. Selain itu jenis pondasi ini sangat sesuai digunakan pada areal kerja yang sempit dan dijumpai rintangan. Untuk pemancangan pipa hammer hidrolik hanya memerlukan sedikit energi pancang guna menghasilkan kapasitas dukung tiang maksimal. Hal ini memungkinkan proses pemancangan tiang yang ramah lingkungan, karena getarannya kecil. Dalam pemancangan kelompok tiang dapat dicapai jarak antar tiang hingga 30 cm; kemiringan tiang bisa mencapai 45°, bahkan dalam kondisi tertentu bisa horisontal. Sepatu segmen pipa pertama dipasang dalam lubang yang telah digali dan mulai dipancang. Kapasitas pemancangan bisa mencapai 1.300 ft per hari. Pemancangan tiang daktail merupakan salah satu metoda tercepat dan sederhana; di mana tiang dipancang hingga lapisan tanah keras dan bisa diinjeksi pasta semen untuk peningkatan daya dukung. Nilai set (korelasi antara laju penetrasi terhadap energi pancang) dapat ditentukan dari data empirik, dikorelasikan dengan hasil tes pembebanan statis, dalam suatu rentang kondisi tanah dasar yang berlainan selama kurun waktu beberapa tahun.

Tabel 2 Data set

Tipe tiang	Dimensi hammer	Energi hammer	Laju penetrasi
(mm) / (in)	Krupp / Atlas Copco	(Joules) / (ft-lbs)	(mm/min) / (in/min)
118 / 4,65	HM 1000 / MB 1700	3577 / 2638	30 / 1/1,2/1
170 / 6,69	HM 1500 / MB 2200	4950 / 3651	30 / 1/1,2/1

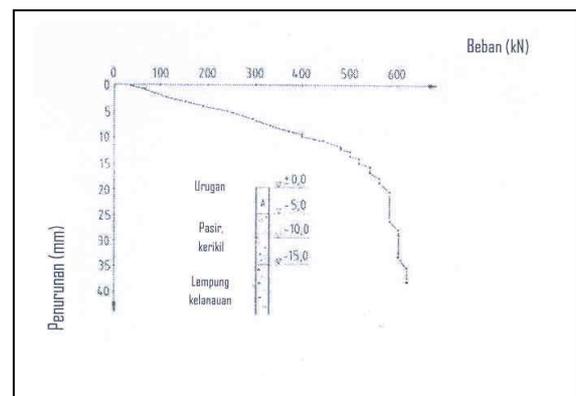
Kapasitas Dukung

Kapasitas dukung internal, mengacu pada kekuatan pipa daktail disajikan dalam tabel 3. Pipa berdiameter 118 mm memberikan kapasitas dukung eksternal (kapasitas dukung tanah dasar) sekitar 600-1000 kN dalam kondisi ultimit. Dengan faktor aman $\eta = 2$ tercapai kapasitas dukung ijin internal sebesar 300-500 kN.

Tabel 3 Kapasitas dukung ijin internal

Besi tuang	Beban ijin (kN)	
	Dengan injeksi	Tanpa injeksi
Φ 118 x 8,5 mm	580	360
Φ 118 x 10 mm	680	460
Φ 170 x 11 mm	1100	780
Φ 170 x 13 mm	1280	1070

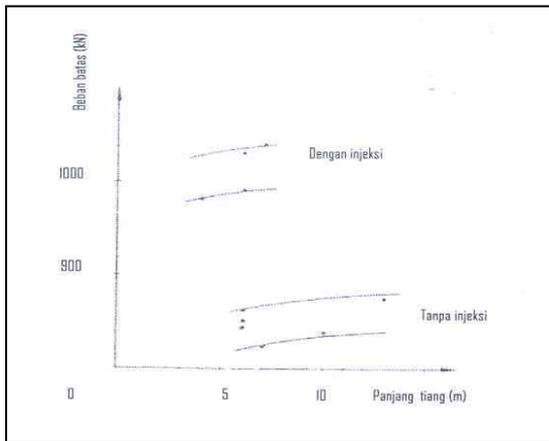
Pada tes pembebanan 1050 kN dalam tanah pasir berkerikil tercapai beban ultimit, sehingga dengan faktor aman $\eta = 2$ diperoleh beban ijin sebesar 525 kN; di mana nilai ini mendekati kapasitas dukung internal 460 kN. Dengan demikian nilai penurunan akan mengecil juga. Dalam tanah kohesif nilai kapasitas dukung ultimit akan menurun, seperti terlihat dalam gambar 2.



Gambar 2 Tes pembebanan tiang daktail 18,5 m dalam tanah lempung kelanauan

Dalam tanah pasir dan kerikil dengan bantuan injeksi dapat dicapai peningkatan kapasitas dukung antara 320-1200 kN.

Gambar 3 menyajikan perbandingan kapasitas dukung ultimit tiang injeksi terhadap non injeksi dengan persyaratan kondisi yang sama.

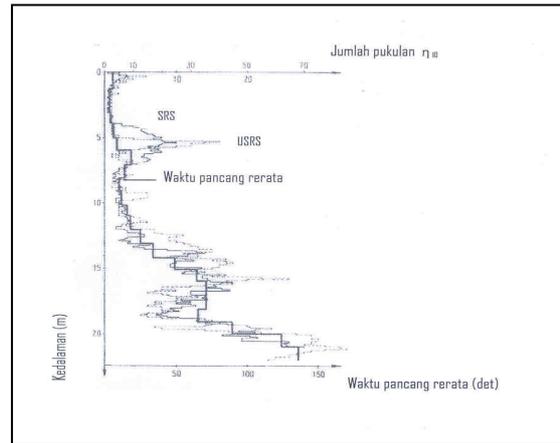


Gambar 3 Beban ultimit tiang injeksi dan non injeksi dalam tanah pasir dan kerikil dengan berbagai variasi panjang tiang

Sebaliknya dalam tanah kelanauan peningkatan kapasitas dukung akibat injeksi lebih rendah, menjadi sekitar 25-50 %. Tiang non injeksi menyajikan kurva yang mendekati tiang tarik injeksi dengan sepatu standar. Belum dapat dipastikan apakah penurunan kapasitas tiang tarik sebesar 80 % ini akibat kehilangan tahanan ujung atau pengaruh faktor lain. Kendati demikian kapasitas dukung tiang tekan dapat ditaksir berdasarkan hasil tes tiang tarik.

Nilai daya dukung tidak linier terhadap panjang tiang, meskipun dalam contoh ini kapasitas dukung tanah mengalami peningkatan seiring bertambahnya kedalaman. Fenomena yang teramati menjadi lebih jelas, jika dilakukan koreksi linier terhadap beban kerja dengan bantuan tes penetrasi maka dapat diperoleh korelasi antara kapasitas dukung terhadap panjang tiang. Tendensi kurva tersebut sangat mirip dengan kurva kapasitas dukung pada anker pratekan. Kenaikan non proporsional kapasitas dukung tersebut berada di atas kondisi patah progresif.

Kapasitas dukung tiang pancang seringkali ditentukan dengan bantuan formula-formula pancang. Namun validitas berbagai formula tersebut berdasarkan pengalaman lapangan kurang memadai mengingat nilai kapasitas dukung sangat dipengaruhi berbagai parameter seperti tanah, tipe tiang maupun alat pancang. Diperlukan percobaan empiris untuk menemukan korelasi antara waktu penetrasi tiang pada penetrasi terakhir terhadap beban batas. Selain kriteria pancang, dalam praktek ditemukan korelasi beban batas pada tes penetrasi dalam tanah granuler. Dalam gambar 4 disajikan grafik waktu pancang rata-rata per meter dari data tes penetrasi USRS dan SRS.



Gambar 4 Penentuan waktu pancang dari hasil tes penetrasi

$$\eta_{10} (\text{SRS}) \approx 2,5 \eta_{10} (\text{USRS})$$

$$\text{Sedangkan waktu pancang per meter panjang tiang : } t (\text{det}) \approx 2 \eta_{10} (\text{SRS})$$

maka dapat diperoleh korelasi praktis antara tes penetrasi dan waktu pancang. Di samping kriteria pancang dan tes penetrasi dapat digunakan pula tes pembebanan dinamik untuk menentukan beban batas.

Kesimpulan

Pemakaian tiang pancang daktail sebagai salah satu alternatif pondasi dalam ('deep foundation') memberikan berbagai keuntungan, baik secara teknis maupun ekonomis. Sistem kelompok tiang pancang daktail dapat menghemat konsumsi beton dan waktu pelaksanaan yang cepat, terutama pada daerah yang padat bangunan. Pemakaian peralatan ringan dalam proses pemancangan dapat menghemat biaya pelaksanaan serta getaran yang ditimbulkan kecil sehingga ramah lingkungan. Pondasi tiang pancang daktail juga sangat cocok digunakan untuk perkuatan pondasi ('underpinning') yang mengalami perbedaan penurunan, selain itu juga dapat meningkatkan kapasitas dukung lateral.

Daftar Pustaka

1. Franke, E, Seitz, J.M, *Empfehlungen des Arbeitskreises 5 der DGEG für dynamische Pfahlprüfungen*, Geotechnik 9 (1986)
2. Gudehus, G, *Bodenmechanik*, Enke, Stuttgart, 1981
3. Ostermayer, H, *Verpressanker*, Grundbautaschenbuch, Ernst & Sohn, Berlin 1982
4. Rizkallah, V, *Pfahlgründung*, Universität Hannover, 2000
5. -----, <http://www.dsiamerica.com>

