

PENINGKATAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG DENGAN PENAMBAHAN SIRIP ULIR MENGGUNAKAN PENDEKATAN RUMUS EMPIRIS DAN MODEL TEST

Widodo Suyadi, Suroso, Yulvi Zaika, Eko Andi Suryo, Kartika Puspa N., Arif Lukito

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145

ABSTRAK

Modifikasi pada bentuk dan perhitungan daya dukung pondasi dalam terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. Banyak ditemukan bentuk-bentuk pondasi dalam yang telah dimodifikasi sehingga meningkatkan efisiensi dari pondasi dalam tersebut. Salah satunya dengan penambahan sirip ulir pada pondasi tiang polos. Penambahan sirip ulir di sepanjang pondasi tiang yang terbuat dari besi dimaksudkan untuk menambah daya dukung dari pondasi tiang polos. Untuk mengetahui peningkatan yang terjadi pada pondasi sirip ulir, maka dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan menguji daya dukung pada model pondasi tiang yang terbuat dari pipa besi polos serta pipa yang ditambahkan sirip ulir. Model pondasi tersebut diuji pada bak uji berukuran panjang 120 cm lebar 90 cm dan tinggi 70 cm yang berisi pasir berlanau (*silty sand*). Model pondasi tersebut dibebani dengan penambahan secara bertahap menggunakan *hydraulic jack* hingga mencapai beban runtuh. Beban dimodelkan sebagai beban titik terpusat yang menyalurkan beban dari *load cell*. Beban runtuh dicapai ketika penurunan bertambah terus tanpa adanya atau sedikit sekali penambahan beban. Permasalahan yang terjadi di laboratorium dianalisis dan dibandingkan dengan perhitungan secara pendekatan teoritis. Hasil analisis penelitian menunjukkan bahwa model pondasi pipa dengan penambahan sirip ulir mengalami peningkatan daya dukung terhadap pondasi pipa polos secara signifikan. Pengaruh jumlah dan putaran sirip memberikan pengaruh dalam peningkatan daya dukung pondasi dalam. Bila diaplikasikan pada prototipe dengan diameter pipa sebesar 50 cm panjang pondasi 500 cm dan lebar sirip 15 cm, harga satuan per daya dukung pondasi sirip sebesar Rp 37.780 dan untuk pondasi pipa polos sebesar Rp 101.811.

Kata Kunci: Pondasi dalam, tiang polos, tiang sirip ulir, daya dukung pondasi dalam, efisiensi pondasi tiang.

PENDAHULUAN

Setiap bangunan sipil, seperti gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan, menara maupun tanggul, harus mempunyai pondasi yang dapat mendukungnya. Bangunan teknik sipil secara umum meliputi dua bagian utama yaitu struktur bawah (*sub structure*) dan struktur atas (*upper structure*), dalam hal ini struktur bawah sebagai pondasi yang berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur bagian atas. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat

sendiri, beban – beban bangunan, gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Di samping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diijinkan.

Daya dukung pondasi merupakan kombinasi dari kekuatan gesekan tanah terhadap pondasi (tergantung pada jenis tanah, massa jenisnya, nilai kohesi adhesinya, kedalamannya, dsb), kekuatan tanah dimana ujung pondasi itu berdiri, dan juga pada bahan pondasi itu sendiri. Dalamnya tanah serta perubahan-perubahan yang terjadi di dalamnya amatlah sulit dipastikan, oleh karena itu

digunakan angka keamanan (*safety factor*) untuk membatasi beban yang bekerja.

Banyak faktor dalam pemilihan jenis pondasi. Ditinjau dari segi teknis, faktor yang perlu diperhitungkan antara lain beban yang direncanakan bekerja dan jenis lapisan tanah. Pondasi didesain agar memiliki kapasitas dukung dengan penurunan / *settlement* tertentu. Desain utamanya mempertimbangkan penurunan dan daya dukung tanah, dalam beberapa kasus semisal turap, defleksi / lendutan pondasi juga diikutkan dalam pertimbangan. Ketika berbicara penurunan, yang diperhitungkan biasanya penurunan total (keseluruhan bagian pondasi turun bersama-sama) dan penurunan diferensial (sebagian pondasi saja yang turun / miring). Ini dapat menimbulkan masalah bagi struktur yang didukungnya.

Faktor lain yang juga harus diperhitungkan adalah faktor non teknis seperti biaya konstruksi, ketersediaan bahan dan material, serta waktu pelaksanaan konstruksi. Faktor-faktor tersebut sering ditemui saat pelaksanaan pekerjaan di lapangan, sebab kenyataan di lapangan sering kali jauh berbeda dari rencana awal.

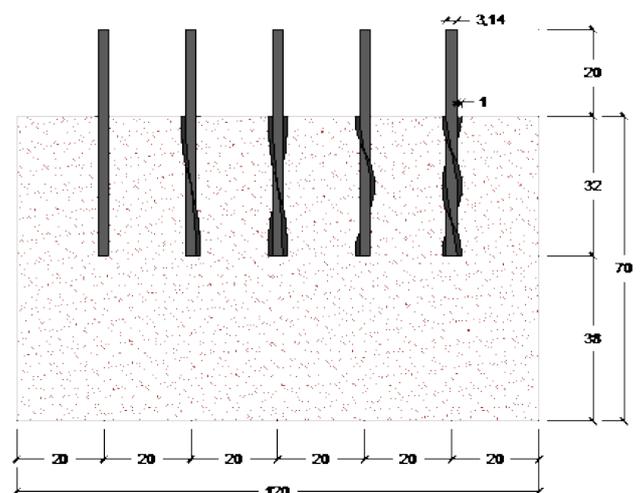
Untuk meningkatkan daya dukung pondasi dalam, salah satu alternatif adalah dengan cara menambahkan sirip ulir di sepanjang pondasi. Dengan memasang sirip ulir, luas bidang gesek antara pondasi dan tanah akan semakin besar. Selain penampang ujung pondasi, sirip ulir juga dapat berfungsi menambah daya dukung sepanjang penampang sirip ulir.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model pondasi pipa berbahan besi dengan variasi penambahan sirip ulir. Masing-masing variasi digunakan 3 buah benda uji.

Tabel 1. Variasi benda uji

Diameter Model Pondasi	Panjang Model Pondasi	Lebar Sirip	Jumlah Putaran	Jumlah Sirip
D = 3,14 cm	H = 32 cm	L = 1 cm	-	-
			$\frac{1}{2} \Phi$	1
			$\frac{1}{2} \Phi$	2
			1 Φ	1
			1 Φ	2



Gambar 1. Model Pondasi Tiang Sirip



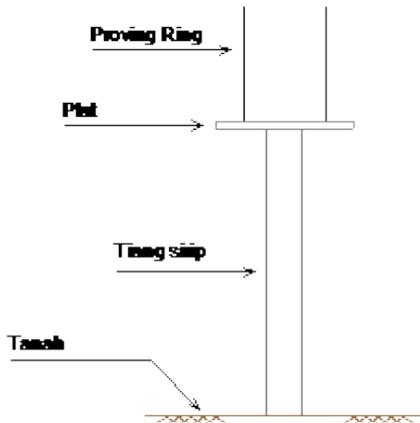
Gambar 2. Detail Model Pondasi Tiang Sirip

Metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah :

1. Uji *properties* tanah : analisis saringan, kadar air, density, uji geser tanah (direct shear)
2. Uji pembebanan

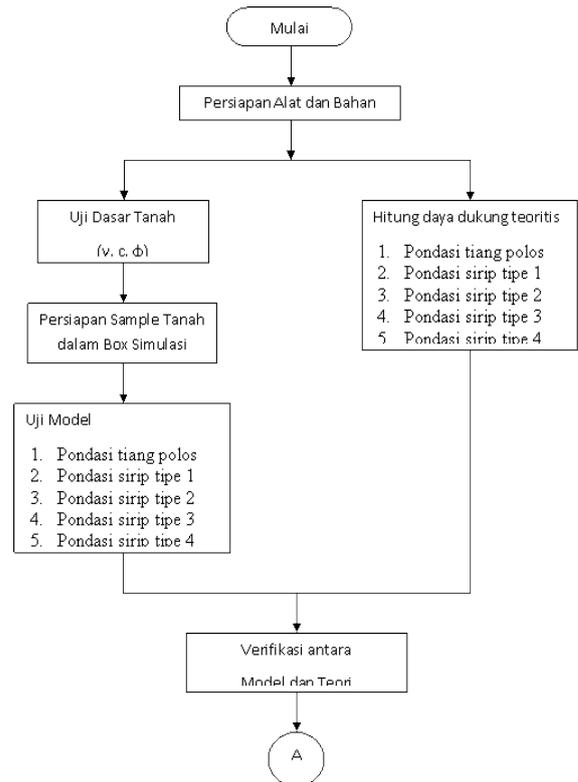
Uji Pembebanan

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan *hydraulic jack*/dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi, digunakan *load cell*. Ujung atas dari *hydraulic jack* dihubungkan dengan *reaction beam* yang terbuat dari baja profil. Beban yang diberikan adalah berupa beban terpusat *hydraulic jack*. Letak *hydraulic jack* diatur sedemikian rupa sehingga tepat pada pondasi tiang yang akan dibebani. Titik pusat peralatan juga harus tepat berada di atas titik pusat luasan atas model.

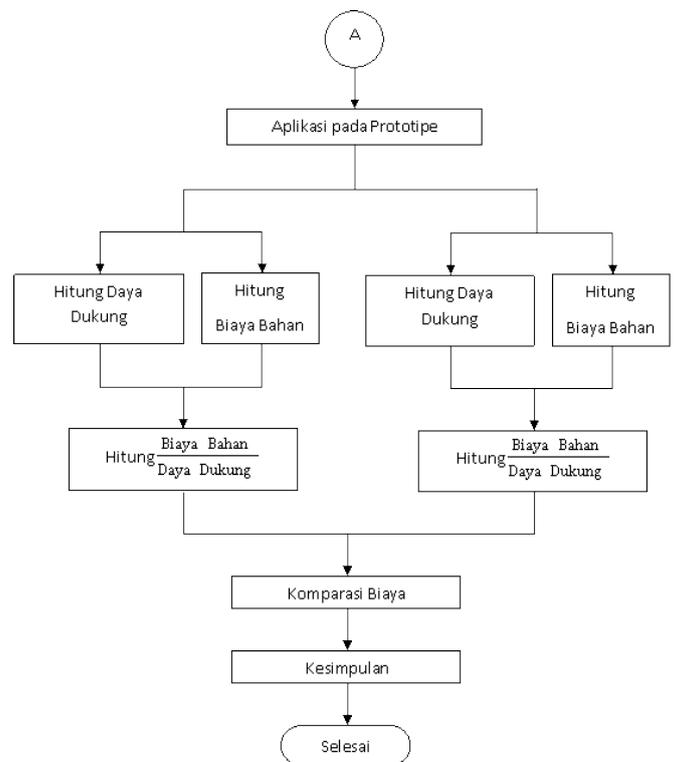


Gambar 3. Model Pembebanan

Dalam analisis daya dukung pondasi sirip ulir dilakukan dengan dua cara, yaitu secara analisis (metode Hansen, metode Vesic, metode Meyerhof) dan dengan eksperimen di laboratorium.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian (lanjutan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji *properties* tanah

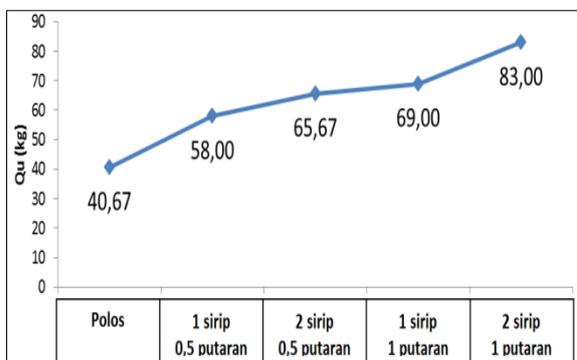
Dari pengujian analisis saringan yang dilakukan di laboratorium diperoleh data saringan tanah yang lolos saringan no. 200 sebesar 6,78 %. Pada klasifikasi tanah sistem *unified* maka tanah tersebut digolongkan sebagai tanah berbutir kasar jenis SM (*Silty Sand*) dengan prosentase tanah yang lolos saringan no. 200 lebih dari 5% namun kurang dari 12%.

Tabel 2. Uji *properties* tanah

Kadar air	13,77 %
Berat volume	1,3 gr/cm ³
Kohesi (c)	0,0084 kg/cm ²
Sudut geser (ϕ)	36 °

2. Uji pembebanan

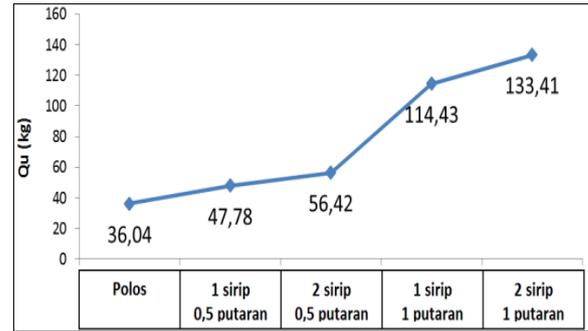
Pada uji pembebanan didapatkan data penurunan dan beban maksimum dari masing-masing tipe pondasi pipa. Data tersebut kemudian dianalisa menggunakan metode De Beer, sehingga diperoleh hasil pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Grafik peningkatan daya dukung berdasarkan model test

3. Analisis daya dukung pondasi secara teoritis

Daya dukung teoritis pondasi pipa polos menggunakan rata-rata dari metode Terzaghi dan Mayerhoff. Sedangkan untuk pondasi sirip ulir menggunakan metode Hansen. Hasil dari analisis tersebut dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik peningkatan daya dukung berdasarkan perhitungan teoritis

4. Analisis biaya pada prototipe

Untuk membandingkan efisiensi dari segi biaya, pondasi dihitung dengan ukuran prototipe yang ada di lapangan. Prototipe tersebut memiliki dimensi panjang pondasi 5 m dengan diameter 0,5 m dan lebar sirip 0,15 m. Untuk harga satuan bahan, biaya pemancangan, serta upah diambil dari beberapa aplikator. Sehingga didapatkan hasil pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Analisa biaya prototipe pondasi tiang polos

Biaya	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Total
Tiang pancang	m	5	1.479.690	7.398.450,70
Pemancangan	m	5	300.000	1.500.000,00
Total				8.898.450,70

- ✓ Daya dukung pondasi = 87,40 ton
- ✓ Harga satuan per daya dukung pondasi = Rp 101.811 per ton

Tabel 4. Analisa biaya prototipe pondasi tiang sirip ulir

Biaya	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Total
Tiang pancang	m	5	1.761.109	8.805.549
Pemancangan	m	5	300.000	1.500.000
Total				10.305.549

- ✓ Daya dukung pondasi = 272,78 ton
- ✓ Harga satuan per daya dukung pondasi = Rp 37.780 per ton

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung pondasi dalam mengalami peningkatan, dengan adanya penambahan sirip ulir dibandingkan dengan pipa polos. Semakin banyak jumlah dan putaran sirip ulir maka daya dukung pondasi akan semakin meningkat.
2. Peningkatan daya dukung dibuktikan dengan beban maksimum pada pondasi pipa dengan 2 sirip ulir 1 putaran merupakan beban maksimum terbesar yang mampu ditahan. Pada pemodelan ini diperoleh beban maksimum sebesar 83 kg.
3. Berdasarkan analisis daya dukung pondasi, digunakan metode pendekatan yang paling mendekati dengan hasil dari percobaan di laboratorium. Untuk pondasi pipa polos, digunakan rata-rata dari metode Terzaghi dan Meyerhoff. Untuk pondasi sirip ulir, digunakan metode Hansen.
4. Berdasarkan analisis biaya untuk prototipe dari model pondasi tiang, didapatkan pondasi sirip ulir lebih efisien dari pada pondasi tiang polos. Hal ini dibuktikan dengan harga satuan per ton daya dukung pondasi sirip ulir lebih kecil dari harga satuan per ton daya dukung pondasi tiang polos. Untuk pondasi tiang polos diameter 50 cm dan panjang 500 cm, memiliki nilai harga satuan sebesar 101.811 rupiah / ton daya dukung, sedangkan pondasi sirip ulir yang memiliki dimensi sama, dengan memasang sirip ulir selebar 15 cm memiliki nilai harga satuan sebesar 37.780 rupiah / ton daya dukung. Sehingga pada dimensi tersebut, pemakaian sirip ulir dapat menekan biaya sebesar 270 % dibanding pondasi pipa polos.

SARAN

1. Sebaiknya lebih banyak kontrol kadar air dan kepadatan model sehingga didapatkan kadar air dan kepadatan yang baik sesuai dengan asumsi awal.
2. Melakukan pengulangan percobaan yang lebih banyak lagi agar memperoleh tingkat validitas yang tinggi.
3. Sebaiknya peralatan yang digunakan pada penelitian harus dalam kondisi yang baik karena selama penelitian ini terdapat kerusakan pada beberapa alat seperti *dial gauge* dan dongkrak hidrolik yang bocor.
4. Memberikan variasi jumlah dan putaran sirip yang lain, sehingga didapatkan variasi data yang lebih banyak dan akurat.
5. Melakukan percobaan dengan jenis tanah yang berbeda, karena dalam penelitian ini hanya digunakan tanah yang berjenis *silty sand*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1993. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta : PT. Erlangga.
- Brinch Hansen, J. 1970. *A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity*. Copenhagen : Danish Geotechnical Institute Bulletin No. 28, DGI
- Craig, R.F. 1994. *Mekanika Tanah*. Jakarta : Erlangga.
- CRC Press LLC. 1999. *The Theory of Structural Models*.
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta : PT. Erlangga.
- Fang, Hsai-Yang. 2002. *Foundation Engineering Handbook*. Norwell : Kluwer Academic Publishers
- Hardiyatmo, HaryChristady. 1994. *Mekanika Tanah*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, HaryChristady. 1996. *Teknik Pondasi I*, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Indrawahyuni, Herlien. 2008. *Mekanika Tanah I*. Malang : Bargie Media.
- Meyerhof, G G. 1976. *Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations*,

Proceedings, American Society of Civil Engineers 102(GT3), pp 195-228
Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Tomlinson, M. J. 1977. *Pile Design and Construction Practice*. London : Viewpoint Publication