

PRE-DRIVING ANALYSIS MENGGUNAKAN TEORI GELOMBANG UNTUK PEMANCANGAN OPTIMAL

David E. Pasaribu, ST
Ir. Herry Vaza, M.Eng.Sc



11 November 2008

I. PENDAHULUAN

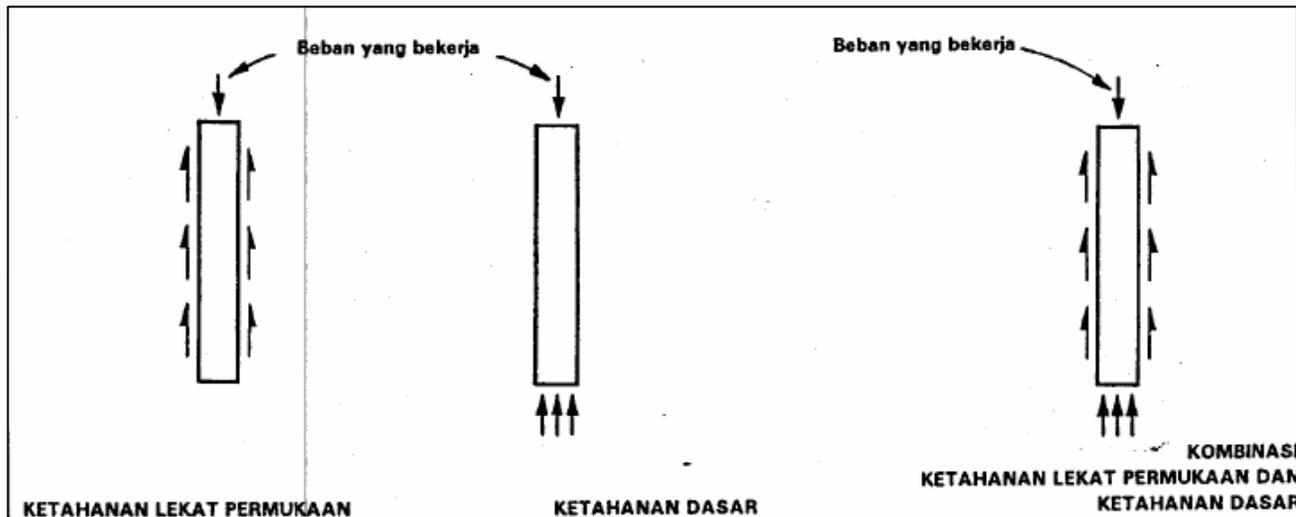
- a. Pondasi tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi dalam yang banyak digunakan pada proyek jembatan di Indonesia dengan material tiang yang umum digunakan adalah baja dan beton.
- b. Kriteria Desain Jembatan mensyaratkan bahwa struktur pondasi harus cukup kuat dan stabil serta awet dan layak dipakai untuk jangka panjang.
- c. Salah satu tahapan pelaksanaan pondasi tiang yaitu pemancangan dapat menyebabkan perubahan perilaku tiang pancang sehingga terjadi kerusakan-kerusakan pada elemen-elemen tiang pancang.
- d. Kerusakan-kerusakan tersebut dapat menyebabkan persyaratan kriteria desain jembatan yaitu kekuatan dan stabilitas struktur serta keawetan dan kelayakan jangka panjang tidak bisa terpenuhi.

Pemancangan

1. Untuk dapat memasukkan tiang ke dalam tanah dibutuhkan energi.
2. Energi didapatkan dari jatuhnya hammer dengan massa dan tinggi tertentu.
3. Semakin besar energi yang dihasilkan, semakin akan menyebabkan kenaikan tegangan pada tiang pancang. Untuk mengantisipasi kerusakan akibat tegangan yang besar perlu dilakukan pembatasan tegangan.
4. Pembatasan energi menurut spesifikasi BM, tinggi jatuh hammer tidak boleh lebih dari 2,5m dan berat hammer adalah sebagai berikut:
 - Tiang pancang beton : berat palu tidak kurang dari berat jumlah tiang beserta topi pancangnya, tetapi sama sekali tidak boleh lebih dari dari berat setengah berat tiang total beserta topi pancangnya ditambah 500 kg.
 - Tiang pancang baja : berat palu harus dua kali berat total tiang beserta topi pancangnya.

II. KONSEP DASAR PEMILIHAN TIANG

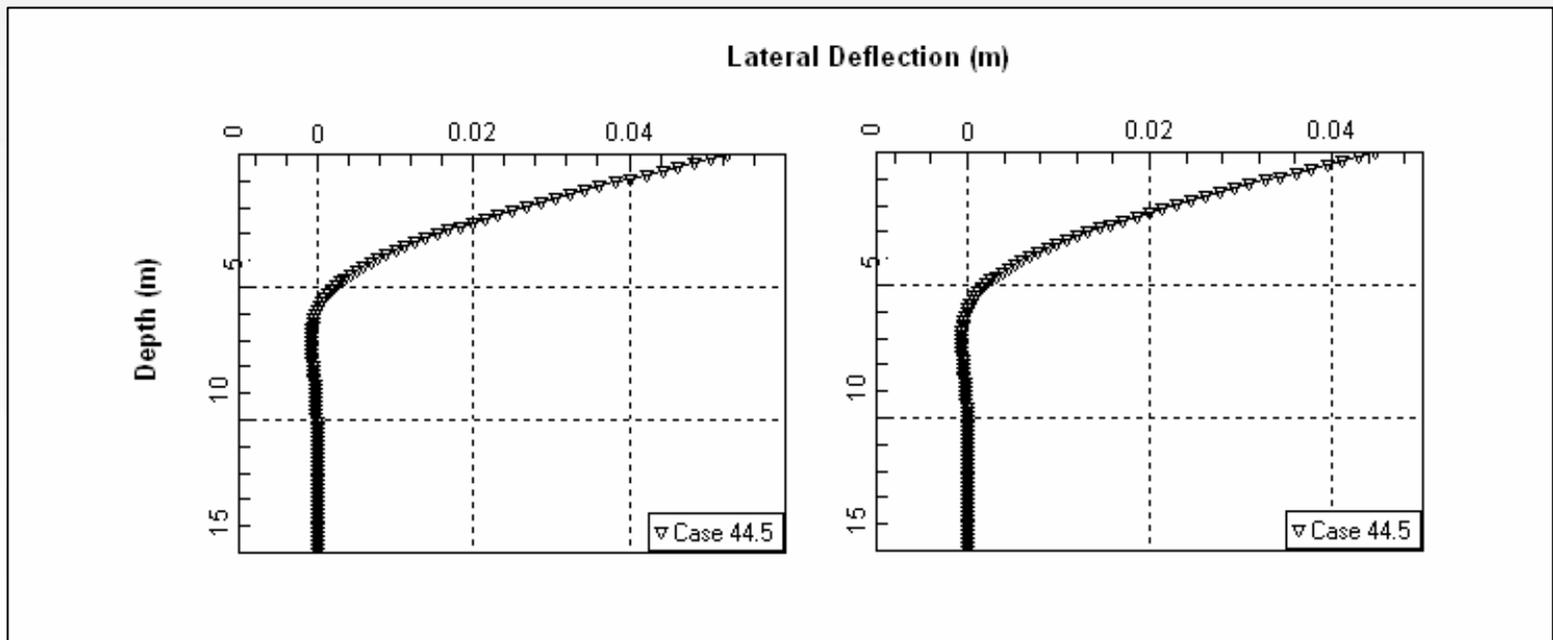
- a. Mendapatkan beban pondasi yang akan disupport dan kondisi khusus seperti batasan maupun total settlements, lateral loads, local scour dan waktu konstruksi.
- Secara beban aksial, tahanan tanah yang dihasilkan untuk dimensi yang sama yaitu tahanan lekat (variabel luasan permukaan tangkai tiang) dan tahanan ujung (variabel luasan ujung tiang) yang sangat bergantung pada jenis tanah.



II. KONSEP DASAR PEMILIHAN TIANG

(lanjutan)

- Secara beban lateral, tiang baja lebih handal dibandingkan tiang beton karena deformasi yang terjadi akibat gaya horizontal pada tiang baja lebih kecil dibandingkan tiang beton.



Tiang pancang beton

Tiang pancang baja

II. KONSEP DASAR PEMILIHAN TIANG

(lanjutan)

- b. Evaluasi hasil penelitian tanah di lapangan maupun laboratorium.
(referensi buku *pile driving and driven pile*)

No.	Masalah	Rekomendasi
1.	Batuan besar pada lapisan dasar	Menggunakan non displacement pile dan menyertakan bagian pra-pengeboran dalam kontrak.
2.	Loose cohesionless soil	Menggunakan tapered pile untuk mendapatkan maksimum skin friksi.
3.	Negatif skin friction	Menggunakan tiang baja yang mulus untuk mengurangi gesekan adhesi, hindari kemiringan tiang. Gunakan bitumen coating untuk pile.
4.	Tanah lunak yang dalam	Gunakan tiang beton yang kasar untuk meningkatkan adhesi dan tingkat disipasi air pori.
5.	Scouring	Tidak menggunakan tapered pile kecuali bagian-bagian yang tapered di bawah daerah scouring. Desain diperhitungkan akibat termobilisasinya tanah.
6.	Butiran kasar	Menggunakan prestressed pile di mana akan terjadi pemancangan yang keras pada tanah.

II. KONSEP DASAR PEMILIHAN TIANG

(lanjutan)

c. *Pemilihan alternatif pondasi yang sesuai*

Pemilihan alternatif pondasi didasarkan kondisi teknis yaitu handal mensupport struktur jembatan dan aksi-aksi dari struktur atas.

d. *Perhitungan biaya alternatif-alternatif pondasi*

Perhitungan biaya yang diperlukan terhadap alternatif pondasi yang visible diperlukan untuk mendapatkan pondasi paling murah.

e. *Pemilihan pondasi*

Pondasi yang dipilih adalah pondasi yang secara teknis visible dan secara pembiayaan juga paling ekonomis.

III. PROSEDUR PELAKSANAAN PEMANCANGAN

Pertanyaan yang timbul saat pelaksanaan pemancangan:

- Dapatkah tiang dipancang sampai ke kedalaman yang diinginkan?
- Berapa rate penetrasi sehingga didapatkan waktu yang paling optimum untuk pelaksanaan konstruksi?
- Berapa kedalaman penetrasi tiang pancang maksimum?
- Berapa daya dukung yang didapatkan dari pemancangan?
- Berapa tegangan yang terjadi pada tiang pancang? Dan di mana lokasi tegangan-tegangan maksimum terjadi?

Simulasi proses pemancangan tiang

- Menggunakan teori gelombang dengan data sebagai berikut:
 1. Peralatan pemancangan (berat hammer, energi hammer, tipe cushion dll),
 2. Properties dari tiang pancang (tipe tiang, material tiang dan berat tiang dll)
 3. Kondisi tanah (tipe tanah, nilai N-SPT, sondir dll)

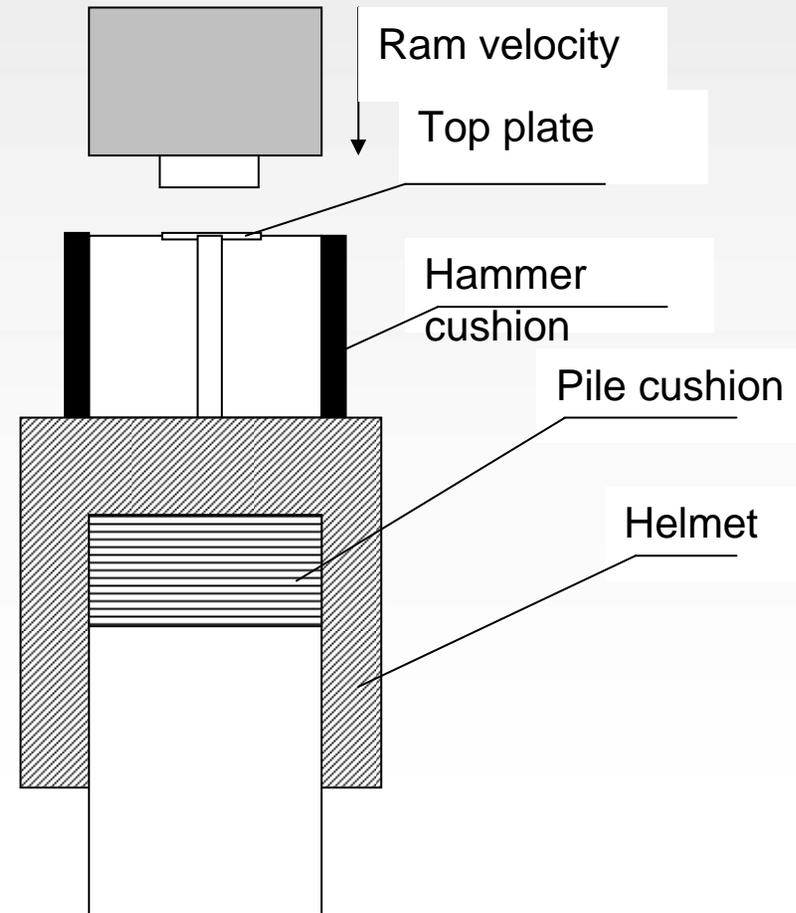
- Hasil yang bisa didapatkan:
 1. Prediksi tegangan tarik dan tekan pada saat pemancangan.
 2. Pergerakan pile pada saat pemancangan
 3. Tahanan-tahanan pada saat pemancangan
 4. Transfer energi dari pemancangan yang diterima dari ujung atas tiang

Tahapan

- **Tahap 1** : Analisa dengan menggunakan teori gelombang
- **Tahap 2** : Preliminary Desain Kriteria.
- **Tahap 3** : Pelaksanaan uji coba di lapangan dan evaluasi kapasitas
- **Tahap 4** : Adjust Driving Criteria dan Desain
- **Tahap 5** : Construction control

Pemilihan Peralatan Pemancangan

- a. Salah satu parameter yang sangat penting adalah pemilihan peralatan untuk pemancangan. Pemilihan tersebut didasarkan pada kemampuan alat tersebut apakah mampu mencapai kedalaman tertentu atau kapasitas tertentu.
- b. Jenis peralatan pemancangan yang biasa digunakan di Indonesia adalah peralatan pemancangan tipe diesel hammer. Bagian-bagian dari peralatan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Pembatasan Blow Count

- Energi yang dihasilkan pada saat pemancangan adalah energi gravitasi yaitu $m \cdot g \cdot h$ (m = massa hammer, g = gravitasi dan h adalah tinggi jatuh). Energi ini akan mendorong tiang masuk ke dalam sebesar s (settlement). Secara sederhana, tahanan yang dihasilkan adalah :
 $c (m \cdot g \cdot h) = P \cdot s$, di mana P adalah daya dukung tanah. Dengan prinsip dasar ini maka didapatkan dengan semakin besarnya energi yang dihasilkan, maka settlement akan semakin besar dan tidak mempengaruhi nilai P , karena nilai P adalah konstant dan bergantung pada properties tanah.
- Jumlah pukulan harus dibatasi untuk menghindari *overdriving* yang berdampak pada kerusakan struktur tiang pancang.
- Pada kondisi tanah yang keras di mana pemancangan sangat sulit, kemungkinan terjadinya kerusakan pada pile tidak hanya terjadi pada kepala tiang bagian atas tetapi juga pada ujung tiang di dalam tanah dan hal ini sulit untuk dideteksi.
- Mengantisipasi kerusakan maka tegangan pada saat pemancangan perlu dibatasi.

Batasan Tegangan

Material	Tarik		Tekan		Keterangan
	MPa	Ksi	MPa	ksi	
Beton Pratekan	$0.3\sqrt{f'c} + f_{pe}$		$0,85f'c - f_{pe}$		-
	8	12	30	4,4	
Beton	$0,498\sqrt{f'c}$		$0,40f'c$		Referensi AASHTO
	3,58	0,536	20.72	3.108	-
	$0,6\sqrt{f'c}$		$0,85f'c$		
	4	0,6	30	4,4	
Baja	$0,9 F_y$		$0,9 F_y$		-
	216	32	216	32	

IV. STUDI KASUS

Studi kasus dilakukan untuk mendapatkan perilaku tiang baja dan beton terhadap peralatan pemancangan dan kondisi tanah.

Properties tiang yang digunakan adalah sebagai berikut:

Properties	Unit	Baja	Beton (Spun Pile)
D_{outer}	m	0.6	0.6
t	m	0.012	0.1
D_{inner}	m	0.576	0.4
A	m²	0.022167078	0.157079633
I	m⁴	0.000958416	0.005105088
E	kN/m²	2.00E+08	3.32E+07
L	m	18	18
Teg. Tekan izin	MPa	216	37.33
Teg. Tarik izin	MPa	216	7.12

Properties Tanah

Elevasi	Kondisi 1		Kondisi 2		Kondisi 3	
	N-SPT	Tipe Tanah	N-SPT	Tipe Tanah	N-SPT	Tipe Tanah
0	0	Clay	0	Clay	0	Pasir
-3	3	Clay	10	Clay	10	Pasir
-8	10	Clay	20	Clay	20	Pasir
-16	15	Clay	50	Clay	50	Pasir
-23	20	Clay	55	Clay	55	Pasir
-28	35	Clay	60	Clay	60	Pasir

Tipe Peralatan Pemancangan

No.	Tiang Pancang Baja	Tiang Pancang Beton
1.	Ape Model 16-32 berat 16kN	Ape Model 25-32 berat 25kN
2.	Ape Model 25-32 berat 25kN	Ape Model 30-32 berat 30kN
3.	Ape Model 30-32 berat 30kN	Ape Model 36-32 berat 36kN
4.	Ape Model 36-32 berat 36kN	Ape Model 46-32 berat 46kN

Hasil Simulasi pada Saat Akhir Pemancangan

Kondisi 1: Kondisi tanah cohesive dan tiang belum masuk ke tanah keras.

- Tegangan tekan pada baja akan semakin meningkat dengan kenaikan berat hammer dan melebihi tegangan izin tekan baja yang terjadi melebihi batasan ijin yaitu 216 Mpa. Dengan kondisi ini sebaiknya tiang pancang tersebut memakai hammer dengan berat yang lebih rendah atau dengan memakai peredam pada kepala tiang bagian atas.
- Sedangkan pada tiang pancang beton tegangan izin tekan dan tarik melebihi batasan ijin tiang pancang beton.

Kondisi 2: Kondisi tanah cohesive dan tiang masuk ke tanah keras.

- Pada tiang pancang baja hampir tidak berubah dibandingkan dengan tanah lunak sedangkan tegangan tarik baja jauh lebih kecil.
- Pada kondisi ini juga terjadi pada tiang pancang beton.

Kondisi 3 : Kondisi tanah cohessionless dan tiang masuk ke dalam tanah keras.

- Tegangan tekan tiang pancang baja dan beton melebihi ijin pada dengan menggunakan hammer yang sama dan tegangan tarik beton melebihi ijinnya.

Hasil Simulasi pada Saat Akhir Pemancangan

(lanjutan)

Karakteristik tegangan yang terjadi di atas adalah karakteristik pada saat pemancangan terakhir. Secara global pada saat pemancangan didapatkan hal-hal sebagai berikut:

- Tegangan tekan berbanding terbalik dengan tegangan ijin. Pada saat tegangan tekan membesar, tegangan tarik yang dihasilkan adalah mengecil.
- Tegangan tekan akan membesar seiring dengan kenaikan tahanan tanah yang menimbulkan perlawanan tanah (tanah dalam kondisi kaku atau padat)
- Tegangan tarik terjadi jika tidak terdapat perlawanan tanah (tanah dalam kondisi lunak).

Metode Pengurangan Impact

- Permasalahan utama adalah bahwa pada tiang pancang baja dan beton tegangan tekan melebihi dan pada tiang pancang beton tegangan tarik yang melebihi.
- Untuk mengurangi besarnya impact yang terjadi pada tiang dilakukan simulasi balik menggunakan cushion untuk meredam energi pada tiang dengan properties material cushion
 - Material : Kayu plywood
 - Modulus Elastisitas : 210 MPa
 - Koefisien restitusi : 0.5
 - Diameter : 0.6 m(sama dengan diameter tiang)
 - Tebal : 0.1m

Metode Pengurangan Impact (lanjutan)

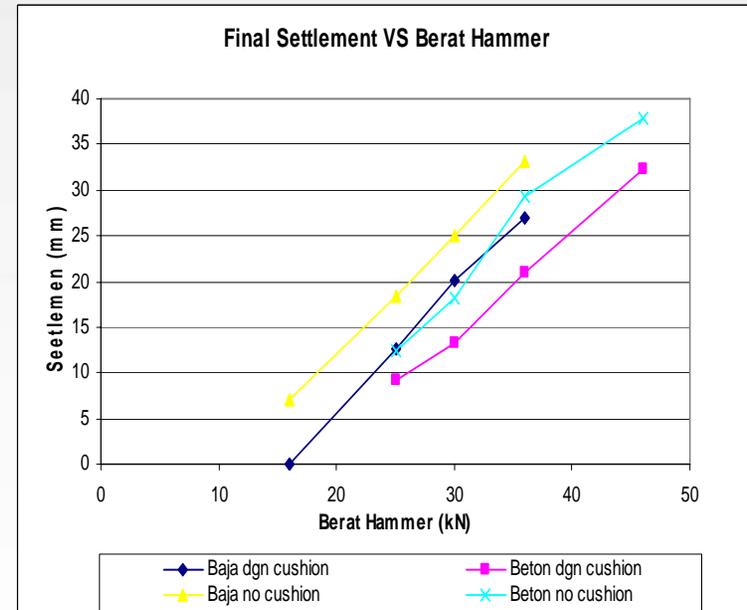
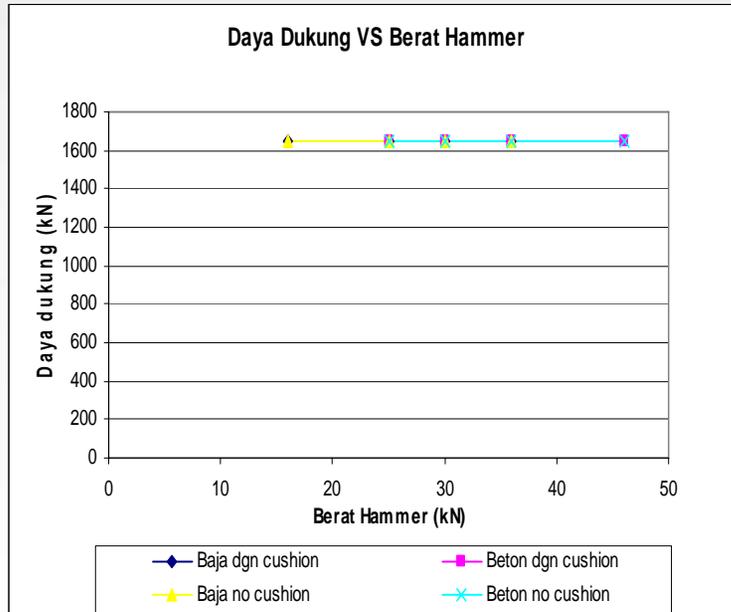
Simulasi menggunakan cushion menghasilkan hal-hal sebagai berikut:

- Terjadi penurunan energi yang masuk ke dalam tiang yang menyebabkan jumlah pukulan untuk mendapatkan kedalaman yang tertentu semakin banyak.
- Tegangan tarik dan tegangan yang terjadi menjadi lebih kecil dibandingkan dengan tanpa menggunakan pile cushion.
- Pada saat tanah tanah N-SPT =50 tercapai pada kedalaman 16 m yaitu untuk kondisi 2 dan 3, tiang pancang baja dan beton sulit untuk dimasukkan sampai pada kedalaman 18m. Tiang dapat masuk dengan menggunakan hammer yang lebih berat.
- Jika mencapai kedalaman yang diinginkan, daya dukung relatif tidak berubah.

Grafik Simulasi

Pada saat akhir pemancangan didapatkan

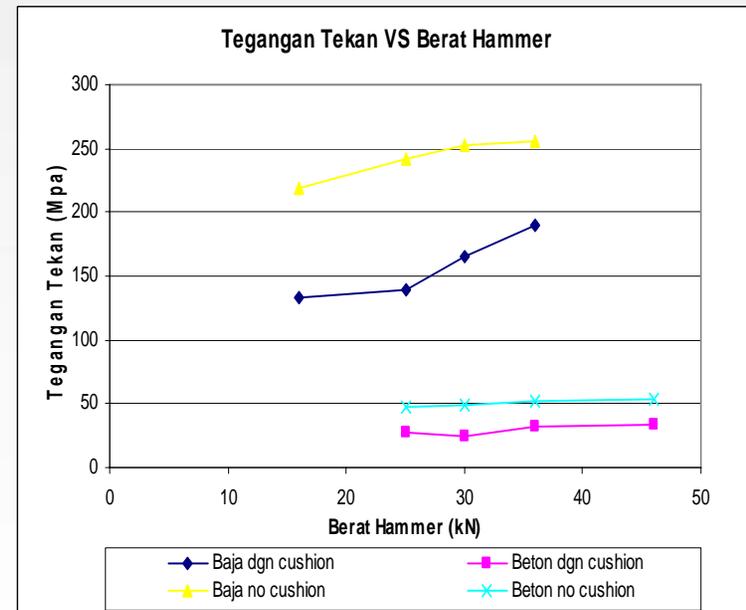
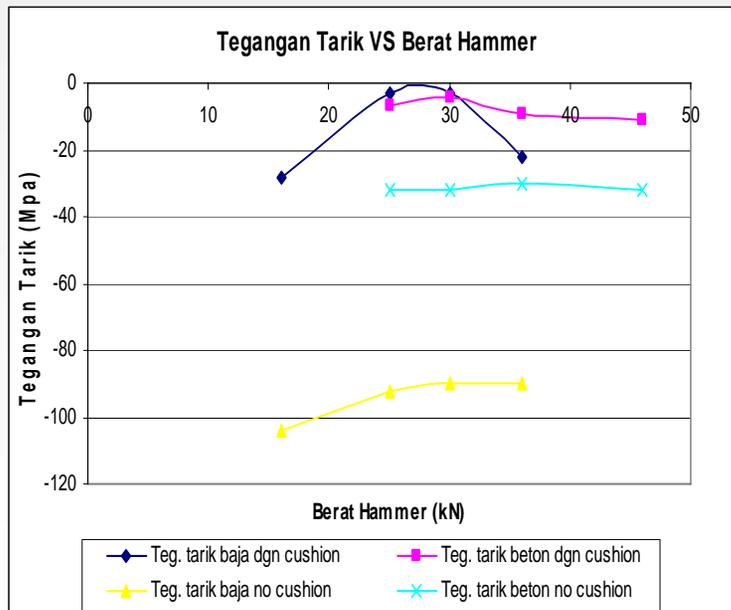
A. Kondisi 1



Grafik Simulasi

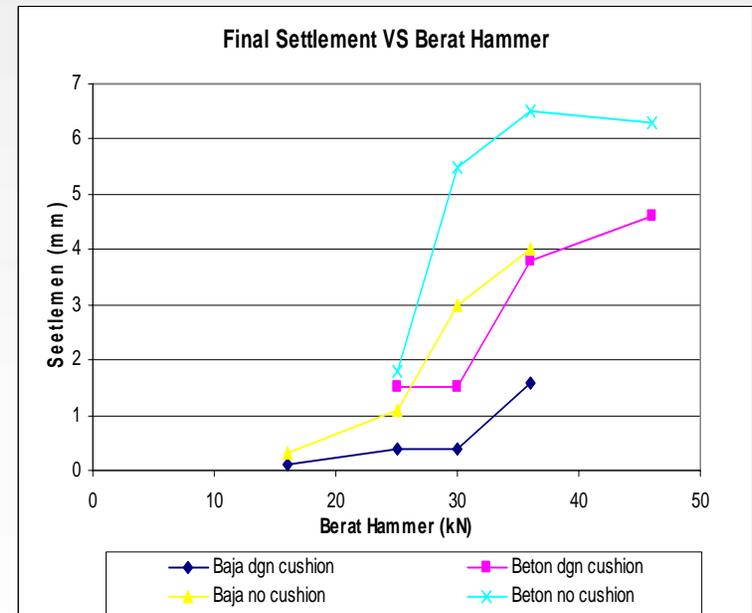
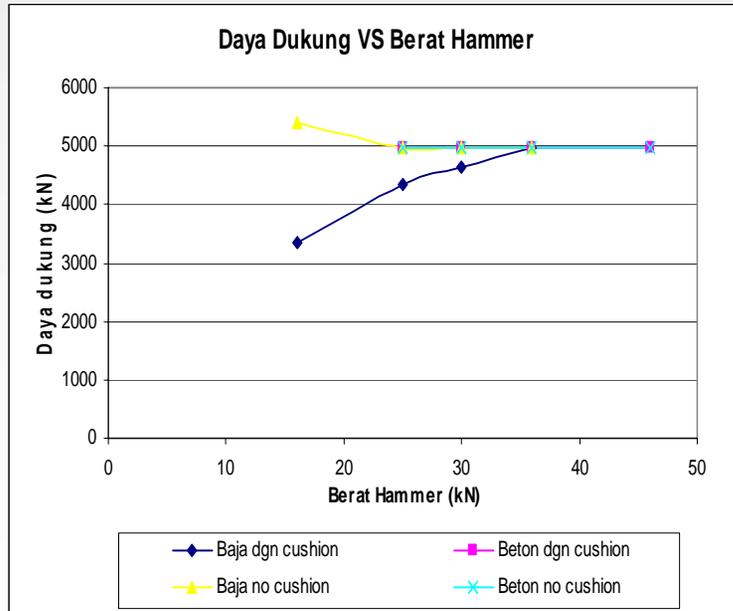
A. Kondisi 1

(lanjutan)



Grafik Simulasi

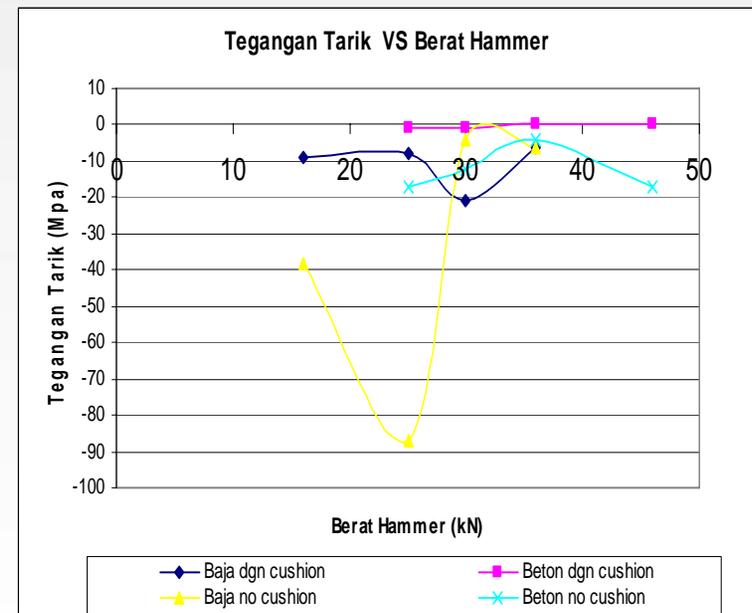
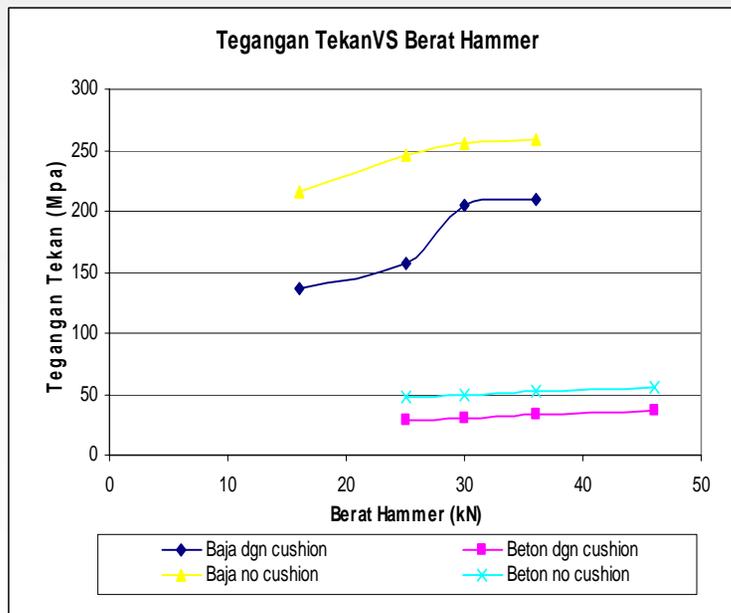
B. Kondisi 2



Grafik Simulasi

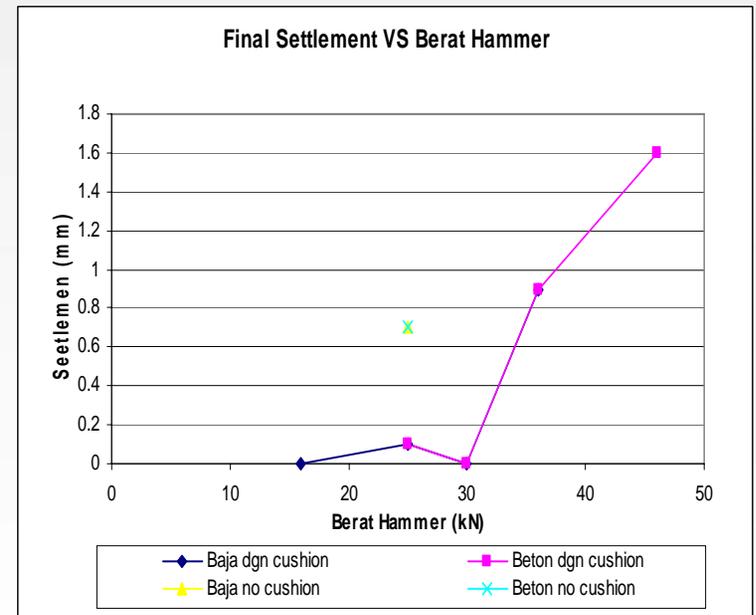
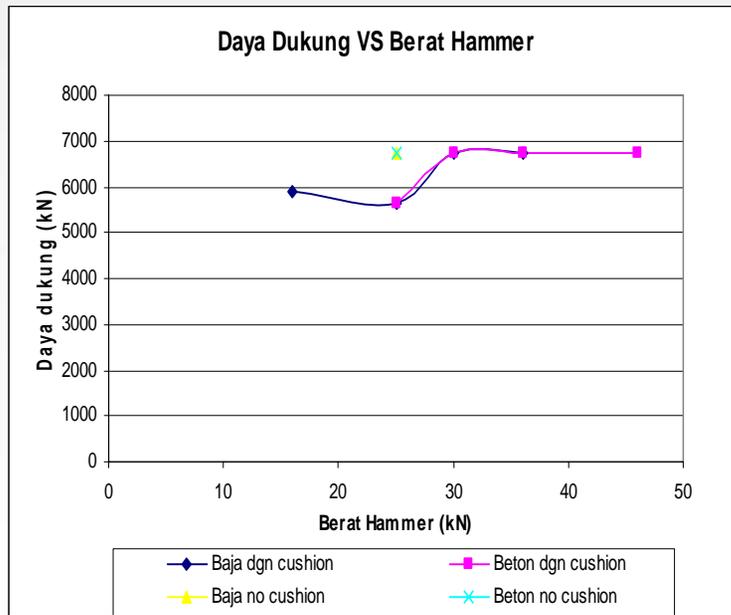
B. Kondisi 2

(lanjutan)



Grafik Simulasi

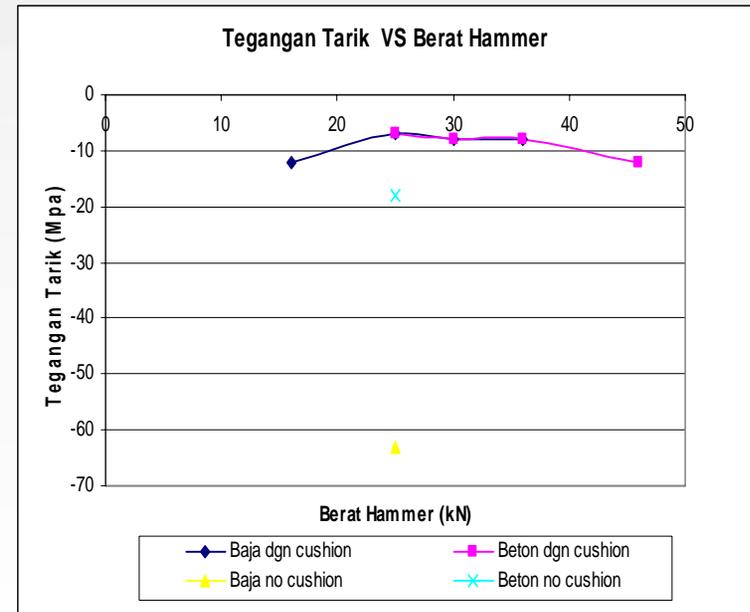
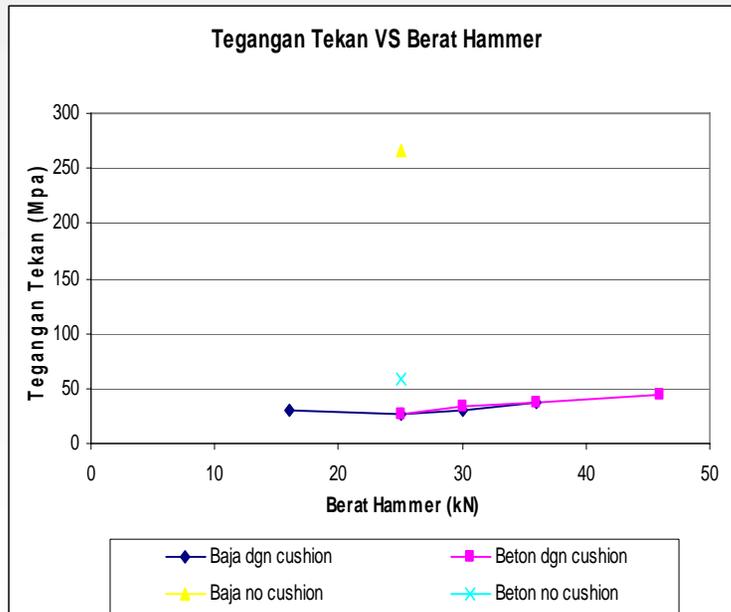
C. Kondisi 3



Grafik Simulasi

C. Kondisi 3

(lanjutan)



V. KESIMPULAN

- Pemilihan pondasi didasarkan pada aspek teknis yaitu mampu mensupport struktur atas dan aksi-aksi yang diberikan dan aspek biaya yaitu ekonomis secara pembiayaan.
- Kondisi tiang pancang sangat dipengaruhi oleh tahapan pemancangan. Daya dukung pondasi tidak dipengaruhi oleh berat hammer yang digunakan, tetapi dipengaruhi oleh jenis tanah dan tipe dari ujung pile (tertutup/terbuka).
- Tegangan tekan dan tarik akan semakin meningkat jika menggunakan hammer yang lebih berat. Untuk mengurangi kelebihan tegangan tersebut, maka menggunakan hammer yang lebih ringan dan menggunakan peredam pada kepala tiang.
- Secara umum, untuk mendapatkan keyakinan hasil pemancangan, maka perlu dilakukan pre-driving analysis agar didapatkan kondisi daya dukung yang sesuai dengan perencanaan teknis dan pada saat pemancangan tidak terjadi kerusakan-kerusakan akibat overstress pada saat pemancangan.



t e r i m a k a s i h