

ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG TERHADAP HASIL UJI CALENDERING (Studi Kasus Review Design Pada Overpass Lemah Ireng Sta 20+212 Proyek Jalan Tol Semarang - Bawen Paket V)

Takdir Rochjati Saptorini

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Undaris Ungaran. Jl. Tentara Pelajar No.13 Ungaran. Telp 024-6923180

Abstract: The potential for a design review becomes a necessity in construction projects and the principle of efficiency to be one of the considerations in conducting a design review at a construction while maintaining the technical factors such as structural safety of the building. Design review can be done to some construction that can not be implemented in the field because encounter some obstacle or structure can be implemented, but because of economic considerations it is necessary to change. As happened at the overpass Lemah Ireng Semarang Toll Road Development Project - Bawen Package V. The presence of excess stake in another overpass ($L = 8$ m), raises thought to be used in the overpass abutment 2 (OP) Lemah Ireng, where appropriate initial design, needs stake in OP Lemah Ireng are a number of 8 pieces, diameter (D) 50 cm, length of 9 meters. Results analisispondasi abutment piles in 2 Over Pass (OP) Lemah Ireng produce pile needs to be 10 (ten) pile diameter $D = 50$ cm length $L = 8$ meters. Analysis of design review is done by calculating the initial design capacity of pile group obtained at 8694.468 Kn, then share it with a capacity of 1 pole on a review of design ($L = 8$ m) in accordance with the SPT value at a depth of 8 (eight) of the meter. From the analysis of the bearing capacity of piles kalendering results obtained capacity 1 pole (P_{cal}) = 1527.941kN, while analysis of the bearing capacity of 1 stake on a review of design is determined by the strength of the soil, which amounted $P_{ijin_rd} = 1214.74916$ kN. Thus the carrying capacity of piles technical design review results declared safe.

Keywords: Over Pass, Piles, Design Review, Capacity, Project

Abstract: Potensi adanya *review design* menjadi sebuah keniscayaan dalam proyek konstruksi dan prinsip efisiensi menjadi salah satu pertimbangan dalam melakukan *review design* pada sebuah konstruksi dengan tetap mengutamakan faktor teknis berupa keamanan struktur bangunan. Review design bisa dilakukan untuk beberapa konstruksi yang tidak dapat dilaksanakan di lapangan karena menjumpai beberapa kendala atau struktur bisa dilaksanakan tetapi karena pertimbangan ekonomis maka perlu diadakan perubahan. Seperti yang terjadi di *overpass* Lemah Ireng Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Bawen Paket V. Adanya kelebihan tiang pancang di *overpass* lain ($L = 8$ m), memunculkan pemikiran untuk dapat digunakan di abutment 2 *overpass* (OP) Lemah Ireng, dimana sesuai design awal, kebutuhan tiang pancang di OP Lemah Ireng adalah sejumlah 8 buah, diameter (D) 50 cm, panjang 9 meter. Hasil analisispondasi tiang pancang di abutment 2 *Over Pass* (OP) Lemah Ireng menghasilkan kebutuhan tiang pancang menjadi 10 (sepuluh) tiang pancang diameter $D = 50$ cm panjang $L = 8$ meter. Analisis *review design* ini dilakukan dengan menghitung kapasitas kelompok tiang *design* awal yang didapat sebesar 8694,468 Kn, kemudian membaginya dengan kapasitas 1 tiang hasil review design ($L = 8$ m) sesuai dengan nilai SPT pada kedalaman 8 (delapan) meter tersebut. Dari analisis kapasitas daya dukung tiang pancang hasil kalendering didapat kapasitas 1 tiang (P_{cal}) = 1527.941kN, sementara analisis kapasitas daya dukung 1 tiang pancang hasil *review design* ditentukan oleh kekuatan tanahnya, yaitu sebesar $P_{ijin_rd} = 1214.74916$ kN. Dengan demikian kapasitas daya dukung tiang pancang hasil *review design* secara teknis dinyatakan aman.

Kata Kunci : Over Pass, Tiang Pancang, Review Design, Kapasitas, Proyek

PENDAHULUAN

Pada proyek pembangunan jalan tol Ungaran – Bawen Paket V terdapat 4 (empat) struktur Over Pass (OP) yang menggunakan pondasi tiang pancang, diantaranya OP

Nderekan, OP PTPN, OP Lemah Ireng dan OP Nglarangan. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, ada sebuah keniscayaan bahwa tidak selalu design konstruksi yang direncanakan akan sesuai dalam

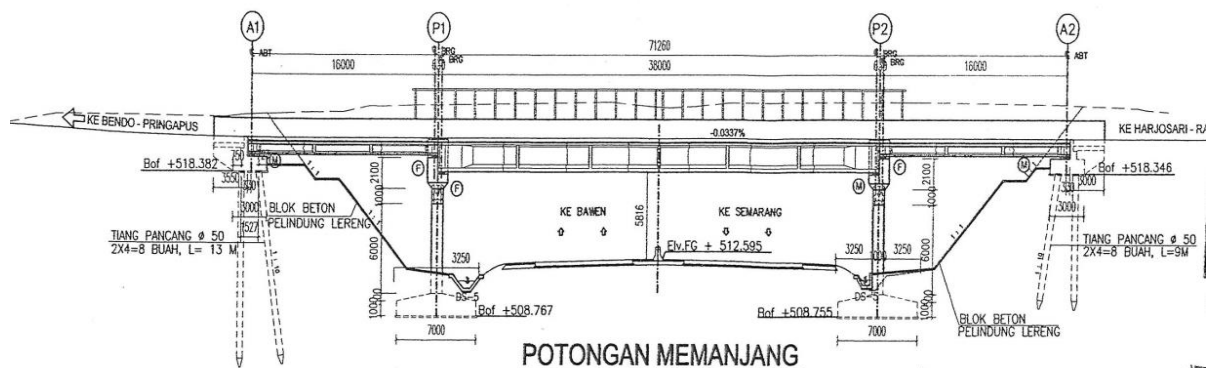
pelaksanaanya di lapangan, sehingga selalu ada potensi dilakukannya review design pada beberapa struktur di proyek tersebut. Review design selalu dibarengi dengan prinsip efisiensi dalam hal biaya dan waktu. Seperti yang terjadi di OP PTPN dan OP Lemah Ireng, direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang (D = 50 cm) sejumlah 16 buah (masing-masing 8 buah untuk setiap abutment_nya) dengan panjang 8 meter, tapi ternyata setelah dilakukan 3 kali pemancangan pada setiap abutmentnya dijumpai tanah keras pada kedalaman 2 – 3 meter, sehingga

pemancangan dihentikan dan diputuskan oleh para pengelola proyek bahwa design pondasi abutment di OP PTPN menggunakan pondasi dangkal. Dengan demikian ada kelebihan sejumlah 10 tiang pancang (D=50cm, L=8m).

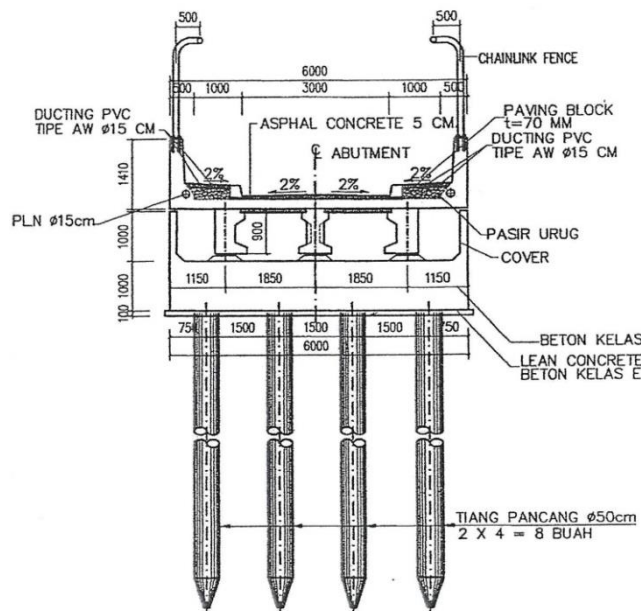
Tabel 1. Pemakaian tiang pancang pada Overpass PTPN

No	Pondasi	L (m)	D (cm)	Jumlah Tiang Pancang		
				Rencana	Terpakai	Sisa
1	Abutment 1	8	50	8	3	5
2	Abutment 2	8	50	8	3	5
Jumlah						10

Sumber : Data Proyek



Gambar 1. Potongan Memanjang Overpass Lemah Ireng



Gambar 2. Potongan Melintang Abutment 2 Overpass Lemah Ireng

Pemakaian tiang pancang pada overpass Lemah Ireng seperti disajikan tabel 2 berikut :

Tabel 2. Pemakaian tiang pancang pada overpass Lemah Ireng

NO	PONDASI	L (m)	D (cm)	JUMLAH
1	<i>Abutment 1</i>	12	50	8
3	<i>Abutment 2</i>	9	50	8

Sumber : Data Proyek

Dengan mempertimbangkan prinsip efisiensi, disepakati oleh para pengelola proyek bahwa sisa tiang pancang dari OP PTPN dimanfaatkan untuk digunakan di abutment 2 (kanan) OP Lemah Ireng. Dengan demikian diperlukan analisis untuk mengetahui kapasitas daya dukung kelompok tiang sesuai dengan data sondir/ SPT pada lokasi tersebut. Analisis kapasitas daya dukung tiang pancang ini tidak memperhitungkan pengaruh momen yang harus ditahan oleh kelompok tiang pancang. Hal ini dikarenakan luas tulangan yang terpasang pada kedua tiang pancang tersebut sama dan selisih panjang tiang pancang hanya 1 meter, sehingga tidak begitu berpengaruh pada panjang penjepitan pada tiang pancang.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

1. Tahap Persiapan
 - a. Identifikasi masalah
 - b. Studi literatur
 - c. Menentukan kebutuhan data
 - d. Survey ke lokasi untuk mendapatkan visualisasi kondisi tanah.

2. Tahap Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan, meliputi: data hasil penyelidikan tanah, data tiang pancang, data hasil tes calendering, gambar pelaksanaan (shop drawing), peraturan – peraturan tentang pembebanan

jembatan. Pengumpulan data dilakukan melalui metode wawancara, observasi dan pengamatan langsung.

3. Tahap Analisis Dan Pengolahan Data
 - a. Analisis Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang
 - b. Analisis ini didahului dengan menghitung kapasitas daya dukung kelompok tiang rencana ($D = 50$ cm, $L = 9$ m) dan menghitung kapasitas daya dukung 1 tiang pengganti ($D = 50$ cm, $L = 8$ m). Dengan demikian kebutuhan jumlah tiang pengganti didapat dari membagi kapasitas daya dukung kelompok tiang rencana terhadap kapasitas daya dukung 1 tiang pengganti.
 - c. Analisis Kapasitas 1 tiang dari hasil Calendering.

Analisis kapasitas daya dukung 1 tiang pengganti dari hasil calendering digunakan untuk mengetahui kapasitas daya dukung 1 tiang pengganti yang sudah terpasang.

HASIL DAN ANALISIS

Data Hasil Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah pada *overpass* Lemah Ireng Proyek Jalan Tol Semarang – Bawen Paket V di dilakukan dengan uji *Standard Penetration Test* (SPT) untuk mengetahui nilai SPT dan bor mesin untuk mengetahui jenis tanah di 2 titik, yaitu di abutment 1 (kiri) dan abutment 2 (kanan) masing-masing dengan kedalaman 30 meter. Hasil penyelidikan tanah tersebut disajikan dalam tabel 3. Dan dari hasil uji Triaxial di laboratorium, didapat nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) sebesar 13.799° dan kohesi (C) sebesar $78,53$ kN/m².

Tabel 3. Nilai SPT pada overpass Lemah Ireng

Kedalaman uji SPT $H_{(uji)}$	Kedalaman Tiang Pancang $H_{(TP)}$	Abutment 1 (kiri)		Abutment 2 (kanan)	
		Nilai SPT	Jenis Tanah	Nilai SPT	Jenis tanah
-2,00		12	Tanah merah/ lempung merah, medium	14	Tanah merah/lempung merah, medium
-4,00	-0.5	18	Lanau sedikit lempung, merah kecoklatan	15	Lanau sedikit lempung, coklat kekuningan
-6,00	-2.5	27	Lanau kepasiran, coklat keabu-abuan	21	Lanau kepasiran, kuning keabu-abuan
-8,00	-4.5	26	Lanau kepasiran, kuning keabu-abuan (cat : m.a t = - 8,50 m)	19	Lanau kepasiran, coklat kekuningan
-10,00	-6.5	27	Lanau kepasiran, hitam	25	Lanau kepasiran, kuning kecoklatan
-11,00	-7.5	25	Lanau kepasiran, hitam	46	Lanau kepasiran, kuning kecoklatan
-12,00	-8.5	25	Lanau kepasiran, kuning kecoklatan	>60	Lanau kepasiran, kuning kecoklatan
-14,00	-10.5	29	Lanau kepasiran, kuning kecoklatan	>60	Lanau kepasiran, kuning kecoklatan (cat : m.a t = - 14,50 m)
-16,00	-11.5	>60	Lanau kepasiran cemented, kuning kecoklatan	>60	Lanau kepasiran, kuning kecoklatan
-18,00	-14.5	>60	Pasir kasar sedikit lanau, coklat; Boulder, abu-abu	>60	Lanau kepasiran, Coklat kekuningan
-20,00	-16.5	>60	Pasir kasr sedikit lanau, coklat kehitaman	>60	Lanau kepasiran, Coklat kekuningan
-22,00	-18.5	>60	Pasir kasr sedikit lanau, coklat kehitaman	>60	Pasir kasr sedikit lanau, coklat kehitaman
-24,00	-20.5	>60	Pasir kasr sedikit lanau, coklat kekuningan	>60	Pasir kasr sedikit lanau, kuning kecoklatan
-26,00	-22.5	>60	Lanau kepasiran sedikit lempung, coklat	>60	Lanau kelempungan, coklat
-28,00	-24.5	>60	Lanau kepasiran, coklat abu-abu	>60	Lanau kepasiran, kuning
-30,00	-26.5	>60	Pasir kasar sedikit lanau, coklat	>60	Lanau kepasiran, coklat kekuningan

Catatan : 1. Elevasi dasar abutment berada 3.5 m dari muka tanah hasil pengujian

2. Kepala tiang masuk sepanjang 0.5 meter ke dalam *pile cap*

3. Kedalaman tiang pancang diukur dari dasar *pile cap*

4. Analisis *friction* dihitung mulai kedalaman 3.5 m

Data Pondasi Tiang Pancang Rencana (L=9m)

a. Data Material Pondasi

Kuat tekan beton K-350..... $f_c' = 29,05$ MPa

Tegangan leleh baja U-40..... $f_y = 400$ MPa

Modulus elastis beton..... $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$
= 25332,0844 MPa

Berat beton bertulang..... $W_c = 25$ kN/m³

b. Data Tanah Dibawah Pondasi (*End Bearing*)

Berat volume tanah, $w_s (\gamma) = 15,4$ kN/m³

Sudut geser dalam, $\phi = 13,799^\circ$ Kohesi tanah,
 $C = 78,53$ kN/m²

c. Dimensi Tiang Pancang (*Spoon Pile*)

Diameter, $D = 0,50$ m

Panjang, $L = 9,00$ m

Jarak pusat pancang terluar terhadap sisi luar *Pile-cap* $a = 0,75$ m

Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Rencana (L = 9 m)

Analisis kapasitas daya dukung 1 tiang pancang rencana (*Pijin_r*) dilakukan dengan 2 cara :

a. Berdasarkan Kekuatan Bahan

Kuat Tekan Beton..... $f_c' = 29,05 \text{ MPa}$

Tegangan ijin beton..... $f_c = 0.3 * f_c' * 1000 = 8715 \text{ kN/m}^2$

Luas tampang tiang pancang, $A = \pi / 4 * D^2 = 0,19625 \text{ m}^2$

Panjang tiang pancang, $L=9,00 \text{ m}$

Berat tiang, $W = A * L * w_c = 44,18 \text{ kN}$

Daya dukung ijin tiang pancang, $P_{ijin_r} = A * f_c - W = 1667,008 \text{ kN}$

b. Berdasarkan Kekuatan Tanah (Uji SPT)

Tabel 4. Data SPT di STA 20+212 (Kanan)

$H_{(uji)}$ (m)	$H_{(TP)}$ (m)	N-SPT	Jenis Tanah
3.5	0	15	Lanau sedikit lempung
4	0.5	15	Lanau sedikit lempung
6	2.5	21	Lanau kepasiran
8	4.5	19	Lanau kepasiran
10	6.5	25	Lanau kepasiran
11	7.5	46	Lanau kepasiran
12	8.5	60	Lanau kepasiran

Tabel 5. Analisis Friction Tiang pancang

Interval $H_{(TP)}$	Panjang Interval L_i (m)	N-SPT _(rerata)	f_i (t/m ²)	$f_i \cdot L_i$ (t/m)
0 – 0.5	0.5	15	7,5	7,5
0.5 – 2.5	2	18	9	18
2.5 – 4.5	2	20	10	20
4.5 – 6.5	2	22	11	22
6.5 – 7.5	1	35,5	12	12
7.5 – 8.5	1	53	12	12
$\Sigma f_i \cdot L_i =$				91,5

Catatan : 1. Jika $N-SPT < 24$, maka $f_i = \frac{N-SPT}{2}$

2. Jika $N-SPT > 24$, maka $f_i = 12$

Pada kedalaman tiang pancang $H = 7.5 \text{ m}$, didapat nilai N-SPT sebesar 46, sehingga nilai SPT terkoreksi (N') didapat :

$$N' = 15 + \frac{1}{2}(N - 15)$$

$$N' = 15 + \frac{1}{2}(46 - 15) = 30.5$$

Daya dukung ijin tiang pancang dirumuskan :

$$P_{ijin_r,d} = \frac{(A * q_{ult} + K * \Sigma(f_i * L_i))}{SF}$$

Dimana :

$q_{ult} = 40 * N'$ (Ton/m²)... $q_{ult} = 40 * 30.5 = 1220 \text{ Ton/m}^2$
atau 12200 kN/m^2

$A =$ Luas penampang tiang pancang, $A = \pi / 4 * D^2 = \pi / 4 * (0.5)^2 = 0,19625 \text{ m}^2$

$\Sigma(f_i * L_i) =$ Jumlah hambatan tiang, $\Sigma(f_i * L_i) = 795 \text{ kN/m}$

$K =$ Keliling penampang tiang pancang, $K = \pi * D = 3.14 * (0.5) = 1,57079633 \text{ m}^2$

$SF =$ Angka aman, $SF = 3$

Maka besarnya daya dukung ijin tiang pancang adalah,

$$P_{ijin_r} = \frac{(0.19625 * 15000 + 1.570796 * 915)}{3} = 1460.84058 \text{ kN}$$

Dari kedua nilai daya dukung aksial tiang pancang tersebut diambil nilai yang terkecil, yaitu, $P_{ijin_r} = 1460.84058 \text{ kN}$. Jumlah tiang pancang $n = 8$, sehingga kapasitas daya dukung kelompok tiang rencana adalah :

$$P_{total,r} = 1460.84058 * 8 = 8694,468 \text{ kN}$$

Sedangkan efisiensi kelompok tiang (eff)

dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta = 1 - \theta * \frac{(n - 1) * m + (m - 1) * n}{90 * m * n}$$

Dimana :

$n =$ Banyaknya baris, $n = 2$

$m =$ Banyaknya kolom, ... $m = 4$

$\theta = \text{arc tan}(D/s) \dots \theta = \text{arc tan}(0.5/1.5) = 18,43^\circ$

$D =$ Diameter tiang pancang, $D = 0.5 \text{ m}$

$s =$ Jarak antar tiang pancang, $s = 1.5 \text{ m}$

$$\eta = 1 - 18.43 \cdot \frac{(2-1) \cdot 4 + (4-1) \cdot 2}{90 \cdot 4 \cdot 2}$$

$$= 0.74$$

Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Review Design (L = 8 m)

Analisis kapasitas daya dukung 1 tiang pancang review design (Pijin_rd) dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

1. Berdasarkan Kekuatan Bahan:

Kuat Tekan Beton

$$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin beton

$$f_c = 0.3 \cdot f_c' \cdot 1000 = 8715 \text{ kN/m}^2$$

Luas tampang tiang pancang

$$A = \pi / 4 \cdot D^2 = 0,19625 \text{ m}^2$$

Panjang tiang pancang

$$L = 8,00 \text{ m}$$

Berat Tiang

$$W = A \cdot L \cdot w_c = 39,27 \text{ kN}$$

Daya dukung ijin tiang pancang

$$P_{ijin_rd} = A \cdot f_c - W = 1671,916 \text{ kN}$$

2. Berdasarkan Kekuatan Tanah (Uji SPT)

Tabel 6. Analisis Friction Tiang pancang

Interval H(m)	Panjang Interval Li (m)	N-SPT _(rerata)	f _i (t/m ²)	f _i · L _i (t/m)
0 – 0.5	1	15	7,5	7,5
0.5 – 2.5	2	18	9	18
2.5 – 4.5	2	20	10	20
4.5 – 6.5	2	22	11	22
6.5 – 7.5	1	35,5	12	12
$\Sigma f_i \cdot L_i =$				79,5

Catatan: 1. Jika N-SPT < 24, maka $f_i = \frac{N-SPT}{2}$
 2. Jika N-SPT > 24, maka $f_i = 12$

Pada kedalaman tiang pancang H = 7.5 m, didapat nilai N-SPT sebesar 46, sehingga nilai SPT terkoreksi (N') didapat:

$$N' = 15 + \frac{1}{2}(N - 15)$$

$$N' = 15 + \frac{1}{2}(46 - 15) = 30.5$$

Daya dukung ijin tiang pancang dirumuskan:

$$P_{ijin_rd} = \frac{(A \cdot q_{ult} + K \cdot \Sigma(f_i \cdot L_i))}{SF}$$

Dimana:

$$q_{ult} = 40 \cdot N' \text{ (Ton/m}^2\text{)} \dots \dots \dots q_{ult} = 40 \cdot 30.5 = 1220 \text{ Ton/m}^2 \text{ atau } 12200 \text{ kN/m}^2$$

$$A = \text{Luas penampang tiang pancang, } A = \pi / 4 \cdot D^2 = \pi / 4 \cdot (0.5)^2 = 0,19625 \text{ m}^2$$

$$\Sigma(f_i \cdot L_i) = \text{Jumlah hambatan tiang, } \Sigma(f_i \cdot L_i) = 795 \text{ kN/m}$$

$$K = \text{Keliling penampang tiang pancang, } K = \pi \cdot D = 3.14 \cdot (0.5) = 1,57079633 \text{ m}$$

$$SF = \text{Angka aman, } SF = 3$$

Maka besarnya daya dukung ijin tiang pancang adalah,

$$P_{ijin_rd} = \frac{(0.19625 \cdot 12200 + 1.570796 \cdot 795)}{3}$$

$$= 1214.74916 \text{ kN}$$

Dari kedua nilai daya dukung aksial tiang pancang tersebut diambil nilai yang terkecil, yaitu, $P_{ijin_rd} = 1214.74916 \text{ kN}$.

Kebutuhan Tiang Pancang Hasil Review Design

Daya dukung 1 tiang pancang review design, $P_{(ijin_rd)} = 1214.749 \text{ kN}$

Daya dukung total kelompok tiang yang disyaratkan, $P_{total} = 8694.468 \text{ kN}$

Efisiensi kelompok tiang pancang rencana, $\eta = 0,74$

Jumlah tiang pancang review design, $n = (8694.468 / 1214.749) / 0.74 = 9,672187$ buah

Pembulatan $n = 10$ buah

Jumlah baris, $n = 2$ Jumlah kolom = 5

Kontrol Efisiensi Kelompok Tiang hasil review design :

$$\square \eta = 1 - \theta * \frac{(n - 1) * m + (m - 1) * n}{90 * m * n}$$

$$\square \eta = 1 - 18.43 * \frac{(2 - 1) * 4 + (5 - 1) * 2}{90 * 4 * 2} = 0.73$$

Dengan $\square \eta = 0.73$, maka kebutuhan tiang pancang :

Jumlah tiang pancang review design,
 $n = (P_{total}/P_{1tiang})/\eta = 9,754979$ buah
 Pembulatan $n = 10$ buah

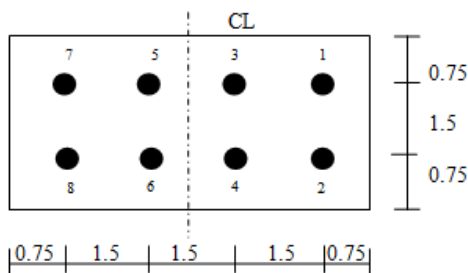
Analisis Kapasitas Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Calendering

Hasil calendering untuk 10 tiang pancang hasil review design adalah sebagai berikut :

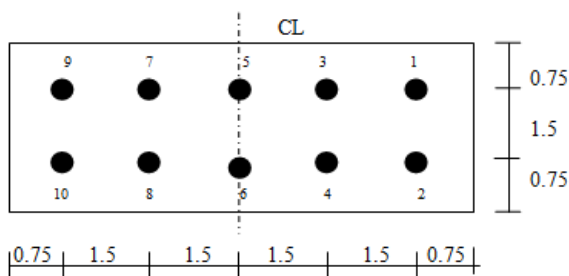
Tabel 7. Hasil Calendering Tiang Pancang Hasil Review Design

No. Tiang Pancang :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Calendering (Cm)	21	19.6	22	17.5	15.2	17.2	23	28	27.8	17.7

Sumber : Laporan Hasil Calendering



Gambar 3. Denah dan susunan tiang pancang *design* awal



Gambar 4. Denah dan susunan tiang pancang hasil *review design*

Analisis kapasitas daya dukung tiang pancang dari hasil calendering dilakukan dengan menggunakan Hiley Formula :

$$R = \frac{1}{N} * \left[\frac{ef * 2 * W * H}{S + K} \right] * \left[\frac{W + n^2 * P}{W + P} \right]$$

Dimana :

- R = Kapasitas daya dukung batas (ton)
- P = Berat tiang pancang (ton)
- ef = efisiensi palu, ef = 1.0 untuk diesel hammer, ef = 0.75 untuk drop hammer
- W = berat palu atau ram (ton)
- n = koefisien restitusi, n = 0.4-0.5 untuk palu besi cor, tiang beton tanpa helm
- H = tinggi jatuh palu (cm)
- S = penetrasi tiang pancang saat penumbukan terakhir atau set (cm)
- K = Rata-rata rebound utk 10 pukulan terakhir (cm)
- N = Faktor keamanan

Berat tiang pancang (P) :

$$P = \frac{1}{4} * \pi D^2 * L * W_c$$

$D = 0.5 \text{ m}; \quad W_c = 2.5 \text{ t/m}^3; \quad L = 8 \text{ m}$

$$P = \frac{1}{4} * \pi (0.5)^2 * 8 * 2.5 = 3.927 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung tiang pancang terpasang dihitung berdasarkan nilai kalendering terbesar, yaitu $s = 2.8 \text{ cm}$:

- Rata-rata rebound untuk 10 pukulan terakhir $K = 0,5 \text{ cm}$
- Efisiensi Palu $ef = 1$
- Tinggi jatuh palu $H = 200 \text{ cm}$
- Berat Palu $W = 5.5 \text{ ton}$
- Koefisien restitusi $n = 0.5 \text{ ton}$

$$R = \frac{1}{3} * \left[\frac{1 * 2 * 5.5 * 200}{28 + 0.5} \right] * \left[\frac{5.5 + (0.5)^2 * 3.927}{5.5 + 3.927} \right]$$

$$= 152.7941 \text{ ton}$$

$$= 1527.941 \text{ kN}$$

KESIMPULAN

Kebutuhan tiang pancang hasil review design disajikan dalam tabel 7 berikut ini :

Tabel 7. Perbandingan Panjang dan Jumlah Tiang Pancang

No	Uraian	Diameter (cm)	Panjang (m)	Jumlah dan Formasi	Dimensi <i>Pile cap</i> (m ²)
1	Design Lama	50	9	8 (2 x 4)	3 x 6
2	Design Baru	50	8	10 (2 x 5)	3 x 7.5

Kapasitas daya dukung kelompok tiang pancang rencana sebesar : 8694,468 kN. Adapun perbandingan kapasitas daya dukung 1 tiang pancang disajikan dalam Tabel 8 berikut ini:

Tabel 8. Perbandingan kapasitas daya dukung 1 tiang

No	Kapasitas Daya Dukung 1 Tiang	P (kN)
1	Tiang pancang rencana, P_{ijin_r}	1460.84058
2	Tiang pancang review design, $P_{ijin_{rd}}$	1214.74916
3	Hasil Calendering, P_{cal}	1527.941

Kapasitas daya dukung hasil calendering lebih besar dari kapasitas daya dukung review design, dengan demikian struktur dinyatakan aman.

Review design dalam proyek konstruksi harus tetap mempertimbangkan faktor – faktor berikut : (1). kemudahan pelaksanaan, (2). tercapainya standard teknis yang dipersyaratkan serta (3). efisiensi biaya dan waktu. *Review design* harus melalui prosedur yang benar, diketahui oleh semua unsur pengelola proyek, memiliki justifikasi teknis yang mendukung untuk diadakan *review design* serta terdokumentasi dengan baik. Untuk lebih meyakinkan tentang kapasitas tiang pancang yang terpasang perlu dilakukan pengujian dinamis berupa uji *Pile Driven Analyzer* (PDA)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI-03-1726-2002. Jakarta : BSN 2002
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Program Jalan. 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jalan, Lampiran A : Persyaratan Tahan Gempa*. Indonesia and Australia : Bridge Management system.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971), NI-2 1971*, , Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1991. *Standard Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Istimawan Dipohusodo. 1999. *Struktur Beton Bertulang, Berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi. 2005. : *Standard Pembebanan Untuk Jembatan, SNI T -02 – 2005*. Jakarta : Badan Penelitian dan Pengembangan eks Departemen Kimpraswil.
- R. Park and T Paulay. 1974. *Reinforced Concrete Structures*, New York : John Wiley & Sons.
- Braja M. Das, Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar. 1994. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta : Erlangga.
- Joseph E. Bowles. 1983. *Analisis Dan Desain Pondasi Jilid I dan II*. Jakarta : Erlangga