

DESAIN OPRIT SLAB ON PILE

Sufyan Ma'ruf Firdaus¹, Gerard Aponno², Nawir Rasidi³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

Email:¹sufyanmaruf@gmail.com; ²gaponno@gmail.com; ³nawirrasidi@gmail.com

ABSTRAK

Oprit Jalan Layang Akses Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang diusulkan menggunakan konstruksi dinding penahan dengan tanah urugan atau dinding penahan dengan mortar busa (*concrete foam*). Penulis ingin mengusulkan desain oprit dengan menggunakan struktur *slab on pile*. Desain ini bertujuan untuk mengetahui pembebanan, kapasitas daya dukung, penurunan tiang, kebutuhan tulangan, metode yang akan digunakan, waktu pelaksanaan dan perkiraan biaya yang akan dikeluarkan dalam membangun konstruksi *slab on pile* ini. Data yang diperlukan dalam desain ini adalah data laboratorium dan data lapangan tanah (N – SPT). Untuk pembebanan mengacu pada peraturan SNI 1725 – 2016, untuk perhitungan beban gempa menggunakan peraturan SNI 2833 – 2016, untuk perhitungan tulangan menggunakan peraturan RSNI T – 12 – 2004, analisis struktur menggunakan bantuan *Software STAAD.Pro v8i SS6*. Pada perhitungan desain *slab on pile* ini menghasilkan beban sebesar (Qv) = 21165,034 kg, daya dukung sebesar 109779,28 kg, penurunan tiang sebesar 0,18831 cm, defleksi tiang sebesar 44 mm, menggunakan tiang pancang Ø50 cm, penulangan pada parapet menggunakan tulangan utama 12 Ø16 dan tulangan sengkang dipakai Ø13 – 150, pada trotoar menggunakan tulangan utama Ø12 – 200 dan tulangan bagi dipakai Ø10 – 200, pada pelat menggunakan tulangan utama D19 – 150 dan tulangan bagi dipakai D16 – 200, pada *pile head* menggunakan tulangan utama 6 D19 dan tulangan geser dipakai D19 – 75.

Kata kunci : perencanaan, *slab on pile*, jalan layang, tumpuan elastis

ABSTRACT

Oprit Flyover Access Road to Ahmad Yani Airport Semarang is proposed to use a construction of a retaining wall with a landfill or a retaining wall with concrete foam. The author wants to propose oprit designs using slab on pile structure. This design aims to determine the loading, bearing capacity, settlement, reinforcement requirements, methods to be used, schedule and estimated costs to be incurred in constructing this slab on pile construction. The data needed in this design is laboratory data and site data (N - SPT). For loading refer to SNI 1725-2016 regulations, for earthquake load calculations using SNI 2833-2016, for reinforcement calculations using RSNI T-12-2004 regulations, structural analysis uses STAAD.Pro v8i SS6. The result of this slab on pile design produces a load of (Qv) = 21165.034 kg, bearing capacity of 109779.28 kg, settlement of 0.18831 cm, deflection of 44 mm, using Ø50 cm pile, reinforcement of the parapet using reinforcement main 12 Ø16 and brace reinforcement used Ø13 - 150, on the sidewalk using main reinforcement Ø12 - 200 and brace reinforcement used Ø10 - 200, on slab using main reinforcement D19 - 150 and brace reinforcing used D16 - 200, on pile head using main reinforcement 6 D19 and shear reinforcement are used D19 – 75.

Keywords : designing, *slab on pile*, flyover, elastic footing

1. PENDAHULUAN

Jalan layang sepanjang 1,2 kilo meter tengah disiapkan untuk menunjang akses menuju terminal baru Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang, Jawa Tengah. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Basuki Hadimuljono mengatakan, jalan layang itu akan dibangun

Kementrian PUPR tahun ini jika desainnya telah rampung. Jalan layang ini nantinya direncanakan mulai dari Jalan Anjasmoro melintasi Jalan Arteri Yos Sudarso membentang hingga Jalan Madukoro.

Dalam pelaksanaan Proyek Jalan Layang Akses Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang, Kementerian Pekerjaan

- Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2833 – 2016)
- Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan (RSNI T – 12 – 2004)

Daya dukung tiang pancang dihitung berdasarkan nilai $N - SPT$ yang didapat dari uji tanah di lapangan. Besarnya nilai $N - SPT$ rata – rata adalah $\bar{N} = 14,14$

Pembebanan pada Struktur Slab on Pile

Pembebanan pada struktur mengacu pada SNI 1725 – 2016 (Pembebanan Untuk Jembatan)

Tabel 1. Rekap beban pada struktur Slab on Pile

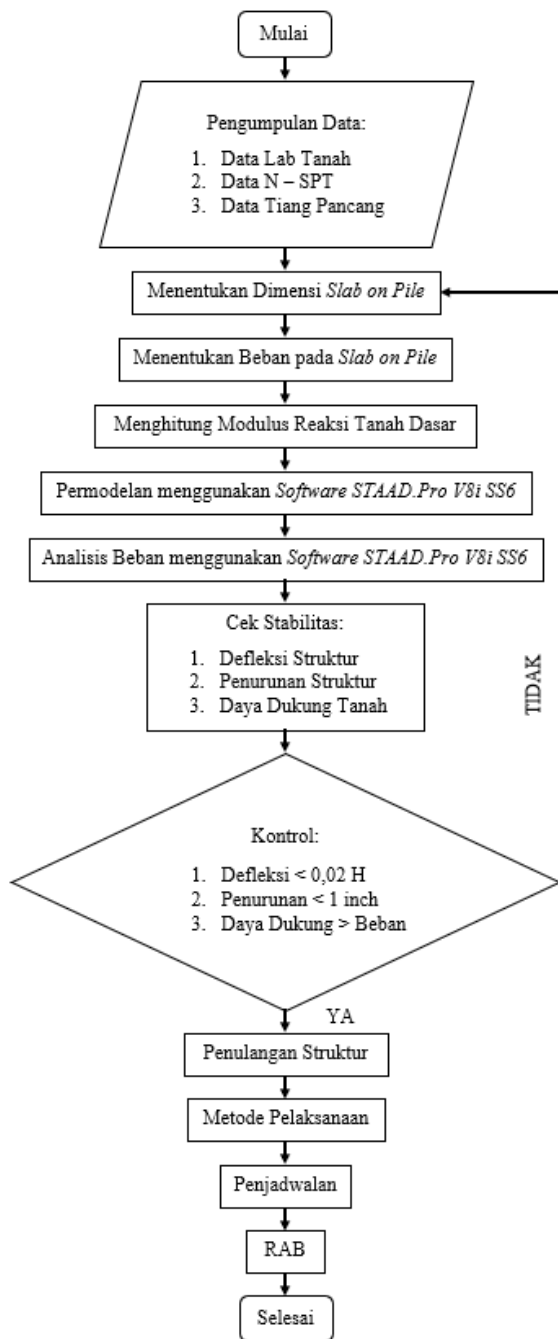
No	Jenis Beban	Simbol Beban	Nilai Beban
1	Berat sendiri	MS	1590082 kg
2	Beban mati tambahan		
	Aspal		112,25 kg/m ²
	Air hujan	MA	50 kg/m ²
	Trotoar		696 kg/m ²
3	Parapet		1392 kg/m
	Beban lajur “D”	TD	
	Beban terbagi rata	BTR	900 kg/m ²
4	Beban garis terpusat	BGT	6860 kg/m
	Beban truk “T”	TT	14625 kg
5	Gaya rem	TB	2812,5 kg
	Beban angin	EW	
6	Pada struktur	TEW	529,2 kg
	Pada kendaraan	PEW	504 kg
7	Beban gempa	EQ	3080 kg

Kombinasi Pembebanan pada Struktur

Menurut SNI 1725 – 2016 (Pembebanan Untuk Jembatan), kombinasi pembebanan yang harus diperhitungkan adalah kombinasi pembebanan pada kondisi layan dan kombinasi pembebanan pada kondisi ultimit.

Tabel 2. Kombinasi Beban dan Faktor Beban

Keadaan Batas	Kombinasi Beban dan Faktor Beban						
	MS	MA	TD	TT	TB	EW	EQ
Kuat I	1,3	1,4	1,8	1,8	1,8	-	-
Kuat II	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	-	-
Kuat III	1,3	1,4	-	-	-	1,4	-
Kuat IV	1,3	1,4	-	-	-	-	-
Kuat V	1,3	1,4	-	-	-	1,0	-
Ekstrem I	1,3	1,4	1,0			-	1,0
Ekstrem II	1,3	1,4	0,5	0,5	0,5	-	-
Daya Layan I	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
Daya Layan II	1,0	1,0	1,3	1,3	1,3	-	-



Gambar 3. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Tanah

Untuk mengetahui kemampuan daya dukung tiang pancang (Ø50 cm) didalam memikul beban – beban yang bekerja, perlu dilakukan analisis struktur secara menyeluruh.

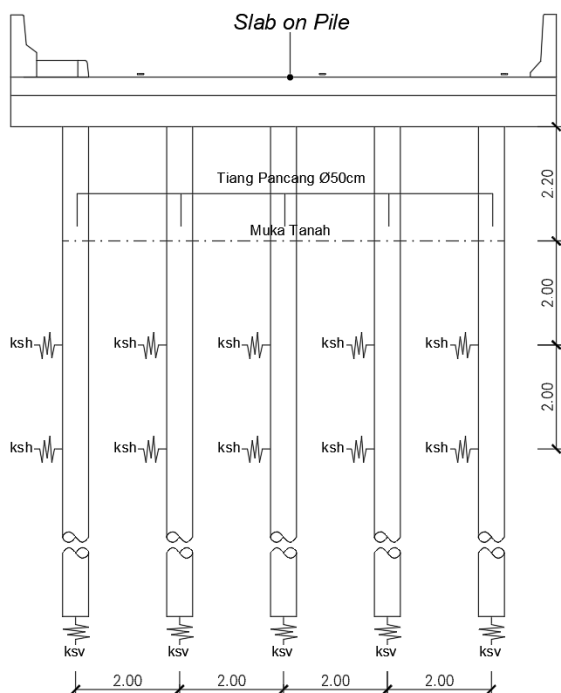
Keadaan Batas	Kombinasi Beban dan Faktor Beban						
	MS	MA	TD	TT	TB	EW	EQ
Daya Layan III	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	-	-
Daya Layan IV	1,0	1,0	-	-	-	0,7	-
Fatik	-	-	0,7	0,7	0,7	-	-

Permodelan Tumpuan Fondasi Tiang Pancang

Untuk keperluan analisis struktur, digunakan model tumpuan pegas elastis, yang merepresentasikan daya dukung fondasi tiang pancang. Besarnya reaksi yang dapat didukung oleh tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan pegas elastis, tergantung dari besarnya gaya pegas dari tumpuan yang bersangkutan. Untuk tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan elastis, kemampuan untuk mendukung beban tergantung dari besarnya modulus of subgrade reaction (ks) dari tanah. Besarnya ks berlainan untuk setiap jenis tanah. Besarnya modulus of subgrade reaction ke arah vertical (ksv) dapat ditentukan dari besarnya daya dukung tanah yang diijinkan (qa), yaitu:

$$ksv = 40 \cdot (SF) \cdot qa \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

Dimana SF adalah angka keamanan (safety factor) dan qa dalam satuan kPa (kN/m²)



Gambar 4. Permodelan Tumpuan Elastis pada Tiang Pancang

Jika digunakan angka keamanan (SF) = 3, maka besarnya modulus of subgrade reaction tanah dalam arah vertical adalah

$$ksv = 120 \cdot qa$$

Besarnya modulus of subgrade reaction tanah dalam arah horizontal adalah

$$ksh = 2 \cdot (ksv)$$

Menurut Meyerhof (1965), hubungan antara daya dukung tanah yang diijinkan (qa) dengan nilai N – SPT, dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$qa = (N/*) \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Analisis Struktur

Tabel 3. Gaya – gaya yang bekerja pada struktur Slab on Pile

Gaya maksimum pada tiang pancang	Beban Ultimit (Pu)	21165,034 kg
Gaya maksimum pada pile head	Momen Ultimit (Mu)	1225,97 kN.m
	Geser Ultimit (Vu)	2604340 N
Gaya maksimum pada slab	Momen Ultimit (Mu)	162,664 kN.m
Maximum displacement tiang pancang	Maximum displacement pada tiang pancang	2,805 mm

Perencanaan Struktur Atas

Struktur atas yang terdiri dari pile head, slab, barrier dan trotoar, direncanakan dari beton bertulang, dengan mutu beton K 350 (fc' 29 MPa) dan baja tulangan ulir dengan mutu fy 400 MPa

Perhitungan Tulangan Struktur

Penulangan Struktur Slab on Pile menggunakan RSNI T – 12 – 2004 (Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan)

Tabel 4. Rekap penulangan struktur

Struktur	Tulangan Utama	Tulangan Bagi
Barrier / parapet	Ø16 – 150	12 Ø13
Trotoar	Ø12 – 200	Ø10 – 200
Slab / pelat	D19 – 150	D16 – 200
Pile head	6D19	D19 – 75

Perencanaan Struktur Bawah

Struktur bagian bawah menggunakan tiang pancang dengan dimensi sebesar Ø50 cm, beban yang akan ditahan oleh tiang pancang adalah beban yang disalurkan dari struktur atas. Tiang pancang direncanakan dari beton bertulang dengan mutu K 600 (fc' 52 MPa) dan baja tulangan ulir dengan mutu fy 400 MPa.

Daya Dukung Ujung Tiang Pancang

Daya dukung ultimit pada ujung tiang pancang (Qp) dihitung dengan rumus:

$$qp = 40 \cdot (\bar{N}_{60}) \times (L/D) < 400 \cdot \bar{N}_{60}$$

$$Q_p = A_p \cdot (q_p)$$

Dimana:

\bar{N}_{60} = harga N – SPT rata – rata sepanjang 10D diatas dan 4D dibawah ujung tiang

L/D = panjang dan diameter tiang (m)

A_p = luas penampang tiang (m^2)

Dari perhitungan didapatkan nilai $Q_p = 2078,163$ kN

Daya Dukung Friksi Tiang Pancang

Daya dukung friksi / gesek ultimit (Q_s) pada dinding tiang pancang, dihitung berdasarkan gaya friksi yang terjadi antara dinding tiang pancang dengan tanah.

$$Q_s = A_s \times f_{av}$$

Dimana:

A_s = keliling penampang tiang (m)

f_{av} = tahanan gesek satuan tiang (kN/m^2)

Dari perhitungan didapatkan nilai $Q_s = 666,319$ kN

Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Besarnya daya dukung dari tiang pancang yang diijinkan :

$$Q_{all} = \frac{Q_p + Q_s}{SF}$$

Dimana:

SF = faktor keamanan (2,5)

Dari perhitungan didapatkan nilai $Q_{all} = 1097,792$ kN

Penurunan Elastik

Penurunan kelompok tiang:

$$(S_{g(e)}) = \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot l}}{\bar{N}}$$

Dimana:

$S_{g(e)}$ = Penurunan elastik kelompok tiang (mm)

q = $Q_g / (L_g \times B_g)$

L_g = Panjang kelompok tiang

B_g = Lebar kelompok tiang

\bar{N} = N-SPT (Standart Penetration Test) rata-rata pada kedalaman B_g di bawah dasar pondasi

I = Faktor pengaruh, $= 1 - \frac{L_g}{8 \cdot B_g} \geq 0,50$

Dari perhitungan didapatkan nilai $S_{g(e)} = 0,1883$ cm

Penurunan Konsolidasi

$$\Delta S_{C(i)} = \left[\frac{C_c \cdot Z}{1 + e_0} \right] \log \left[\frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right]$$

Dengan:

P_0 = $\gamma_{sat} \times H$

Δp = $\frac{Q_g}{(B_g + z)(L_g + z)}$

Q_g = daya dukung kelompok tiang

L_g, B_g = panjang dan lebar efektif tiang (m)

Z = jarak dari $z = 0$ s/d tengah – tengah lapisan ke i

Dari perhitungan didapatkan nilai $S_c = 0,000000012982$ cm

Kontrol Penurunan

$S_{total} = S_e + S_c = 0,1883 + 0,000000012982$ cm = 0,18831 cm < 2,54 cm ... OKE

4. KESIMPULAN

1. Hasil pembebanan pada oprit menghasilkan beban terbesar yang diterima oleh tiang fondasi (Q_v) = 21165,034 kg
2. Dari segi kekakuan struktur *Slab on Pile* memenuhi syarat dengan nilai lendutan / simpangan 2,805 mm yang kurang dari nilai ijin yaitu 44 mm.
3. Daya dukung yang mampu diterima fondasi yaitu sebesar 109779,28 kg.
4. Penurunan total yang terjadi pada struktur adalah 0,18831 cm.
5. Tulangan yang dibutuhkan pada struktur *Slab on Pile* adalah sebagai berikut:
 - Tulangan pada parapet dipakai tulangan utama 12 Ø16 dan tulangan sengkang dipakai Ø13 – 150.
 - Tulangan pada trotoar dipakai tulangan utama Ø12 – 200 dan tulangan bagi dipakai Ø10 – 200.
 - Tulangan pada *slab* dipakai tulangan utama D19 – 150 dan tulangan bagi dipakai D16 – 200.
 - Tulangan pada *pile head* dipakai tulangan utama 6 D19 dan tulangan geser dipakai D19 – 75.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional, 2016, *SNI 1725 - 2016 Pembebanan Untuk Jembatan*, Jakarta.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, 2016, *SNI 2833 - 2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*, Jakarta.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, 2004, *RSNI T - 12 - 2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*, Bandung.
- [4] Bowles, JE, 1991, *Analisis dan Desain Pondasi Jilid I & II*, Erlangga, Jakarta.
- [5] Das, BM, (translated by Mochtar NE and Mochtar IB), 1985, *Mekanika Tanah (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I & II*, Erlangga, Jakarta.
- [6] Hardiyatmo, HC, 2010, *Analisis dan Perancangan Fondasi bagian I & II*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [7] Hardiyatmo, HC, 2006, *Teknik Fondasi I & II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- [8] Meyerhof, G, 1976, *Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundation. Journal of the Geotechnical Engineering Division*. ASCE, Vol. 102, No. GT3.