

PERANCANGAN FONDASI PADA TANAH TIMBUNAN SAMPAH (Studi Kasus di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Piyungan, Yogyakarta)

Anita Widiyanti, Dedi Wahyudi & Willis Diana

Teknik Sipil FT Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Bantul Yogyakarta 55183
Telp. 0274-387656 ext 229

ABSTRAK

Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) merupakan kebutuhan setiap daerah guna mengatasi masalah sampah. Apakah lahan yang sangat luas tersebut nantinya dapat dimanfaatkan kembali ? Berdasarkan pertanyaan itulah penelitian ini dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang fondasi berdasarkan daya dukung tanah yang mampu menahan beban dan penurunan yang tidak berlebihan dari hasil uji sondir di lapangan. Penelitian dilakukan di zona pertama dari TPAS Piyungan, Yogyakarta yang merupakan zona di mana proses penimbunan dan pematatannya telah selesai. Hasil uji sondir pada dua titik digunakan sebagai dasar untuk merancang fondasi dari struktur bangunan dua lantai, dengan mengacu pada Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SK SNI-T-15-1991-03. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa fondasi telapak dapat digunakan dengan kedalaman 1,6 m. Fondasi tersebut dirancang berukuran 100 cm x 100 cm dengan ketebalan 25 cm, jumlah tulangan sebanyak 8 buah dengan diameter 10 mm dan spasi tulangan 12 cm.

Kata kunci: fondasi, tanah timbunan sampah

PENDAHULUAN

Sampah merupakan barang-barang sisa yang tidak digunakan lagi oleh pemiliknya. Sampah yang dapat diolah kembali tidak menimbulkan masalah, namun sampah yang tidak dapat diolah kembali memerlukan perlakuan khusus, karena dapat mengganggu kesehatan bila dibiarkan. Sampah-sampah tersebut harus dibuang setelah melalui beberapa tahap pemisahan ke suatu tempat yang luas dan jauh dari pemukiman, agar tidak mengganggu penduduk di sekitarnya. Tempat pembuangan sampah ini lebih dikenal dengan nama Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS).

TPAS yang berlokasi di Sitimulyo, Piyungan merupakan tempat pembuangan sampah dari Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. Pengolahan sampah di TPAS ini menggunakan sistem *control landfill* yang

merupakan kombinasi dari *sanitary landfill* dan *open dumping*. Dengan sistem tersebut sampah-sampah digelar dan dipadatkan sampai ketebalan ± 60 cm, kemudian ditimbun dengan tanah dan dipadatkan dengan ketebalan $\pm 15-20$ cm. Limbah di bawahnya yang muncul akibat timbunan dimasukkan ke dalam pipa saluran limbah yang berfungsi mengalirkan air dari hasil pembusukan sampah ke instalasi pengolahan air limbah, sehingga air yang keluar dan dialirkan ke selokan menuju Sungai Opak sudah dalam keadaan bersih. Hal ini terus dilakukan sampai mencapai ketinggian yang direncanakan. Tanah penutup terakhir minimal setebal 60-70 cm (Obi, 2005).

TPAS Piyungan memiliki ketinggian tanah timbunan sampah hingga mencapai puluhan meter dan luasnya mencapai ratusan meter persegi. TPAS tersebut dibagi menjadi tiga zona dan penelitian ini dilakukan pada zona pertama yang merupakan zona di mana proses penimbunan dan pemadatannya telah selesai. Apakah lahan yang sangat luas tersebut dapat dimanfaatkan kembali ? Pertanyaan itulah yang menjadi latar belakang penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang fondasi berdasarkan daya dukung tanah yang mampu menahan beban dan penurunan yang tidak berlebihan dari hasil uji sondir di lapangan.

Dalam merancang fondasi harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya daya dukung harus dipenuhi.
2. penurunan fondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan.

Meyerhof (1956, dalam Hardiyatmo, 1996) menyarankan persamaan sederhana untuk menentukan daya dukung yang diijinkan dari hasil uji sondir yang dapat diterapkan untuk fondasi telapak atau fondasi memanjang :

1. fondasi dengan lebar $B \leq 1,20$ m :

$$q_a = \frac{q_c}{30} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (1)$$

2. fondasi dengan lebar $B \geq 1,20$ m :

$$q_a = \frac{q_c}{50} \left(1 + \frac{0,30}{B} \right)^2 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2)$$

dengan :

q_a : daya dukung yang diijinkan (kg/cm²)

q_c : tahanan konus (kg/cm²)

Nilai daya dukung tersebut digunakan sebagai dasar untuk merancang fondasi dari struktur bangunan dengan mengacu pada Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SK SNI-T-15-1991-03 (Dipohusodo, 1994).

Bila tanah pendukung fondasi terletak pada permukaan tanah sampai kedalaman 3 meter di bawah permukaan tanah, maka dapat digunakan fondasi telapak. Mekanisme fondasi ini berdasarkan pada prinsip bahwa beban vertikal dan momen yang bekerja pada fondasi sebagian besar ditahan oleh daya dukung (*bearing capacity*) tanah pada dasar fondasi, sedangkan beban mendatar sebagian

besar didukung oleh hambatan geser (*sliding resistance*) dari dasar fondasi. Jika fondasi ditanam di bawah tanah, geseran atau tekanan tanah di muka fondasi juga ikut menahan beban, tetapi jika fondasi terletak dangkal, gaya penahan ini umumnya kecil dan tanah di muka fondasi kadang-kadang akan mengalami pengikisan dan pengaruh cuaca, sehingga dalam perancangan gaya penahan ini diabaikan (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1994).

Penurunan fondasi bangunan pada tanah berbutir kasar atau tanah berbutir halus yang tak jenuh termasuk tipe penurunan-segera, karena penurunan terjadi segera setelah penerapan bebannya. Menurut De Beer dan Marten dalam Hardiyatmo (1996), besarnya penurunan ini dapat diestimasi dari persamaan empiris yang dihubungkan dengan hasil uji di lapangan secara langsung. Berdasarkan hasil uji sondir dapat dihitung besarnya penurunan-segera :

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \quad (3)$$

dengan :

S_i : penurunan akhir (cm) dari lapisan setebal H (cm)

C : angka pemampatan = $\frac{1,5q_c}{p_o}$

p_o : tekanan *overburden* efektif rata-rata di tengah-tengah lapisan yang ditinjau (kg/cm^2)

Δp : tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan yang ditinjau oleh tekanan akibat beban fondasi neto (kg/cm^2)

Besarnya penurunan maksimum yang diijinkan dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Batas Penurunan Maksimum

Jenis fondasi	Batas penurunan maksimum (mm)
Fondasi terpisah pada tanah lempung	65
Fondasi terpisah pada tanah pasir	40
Fondasi terpisah pada tanah lempung	65 – 100
Fondasi terpisah pada tanah pasir	40 - 65

Sumber : Skempton dan MacDonald (1955, dalam Hardiyatmo, 1996).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan langsung di lapangan dan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FT UMY.

1. Penelitian di lapangan, bertujuan untuk mengetahui secara langsung karakteristik tanah timbunan sampah. Tanah yang diteliti adalah tanah timbunan sampah yang telah dipadatkan pada zona pertama di TPAS Piyungan, Yogyakarta. Dalam penelitian ini dilakukan uji penetrasi dengan alat sondir berkapasitas 200 kg/cm^2 sebanyak dua titik.
2. Penelitian di laboratorium, bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dari tanah timbunan sampah. Sampel tanah diambil dengan cara manual, yaitu dengan mencangkul tanah timbunan di tepi lereng timbunan. Hal ini dilakukan karena pengambilan sampel dengan cara bor tangan sulit dilaksanakan. Dalam penelitian ini dilakukan uji kadar air, berat jenis, berat volume dan distribusi ukuran butir.

Hasil penelitian di lapangan dan di laboratorium digunakan sebagai dasar untuk merancang fondasi dari struktur bangunan dua lantai.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian di Lapangan
Hasil penyondiran di lapangan dapat dilihat pada Tabel 2.
2. Hasil Penelitian di Laboratorium
Hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 3.
3. Perancangan Fondasi

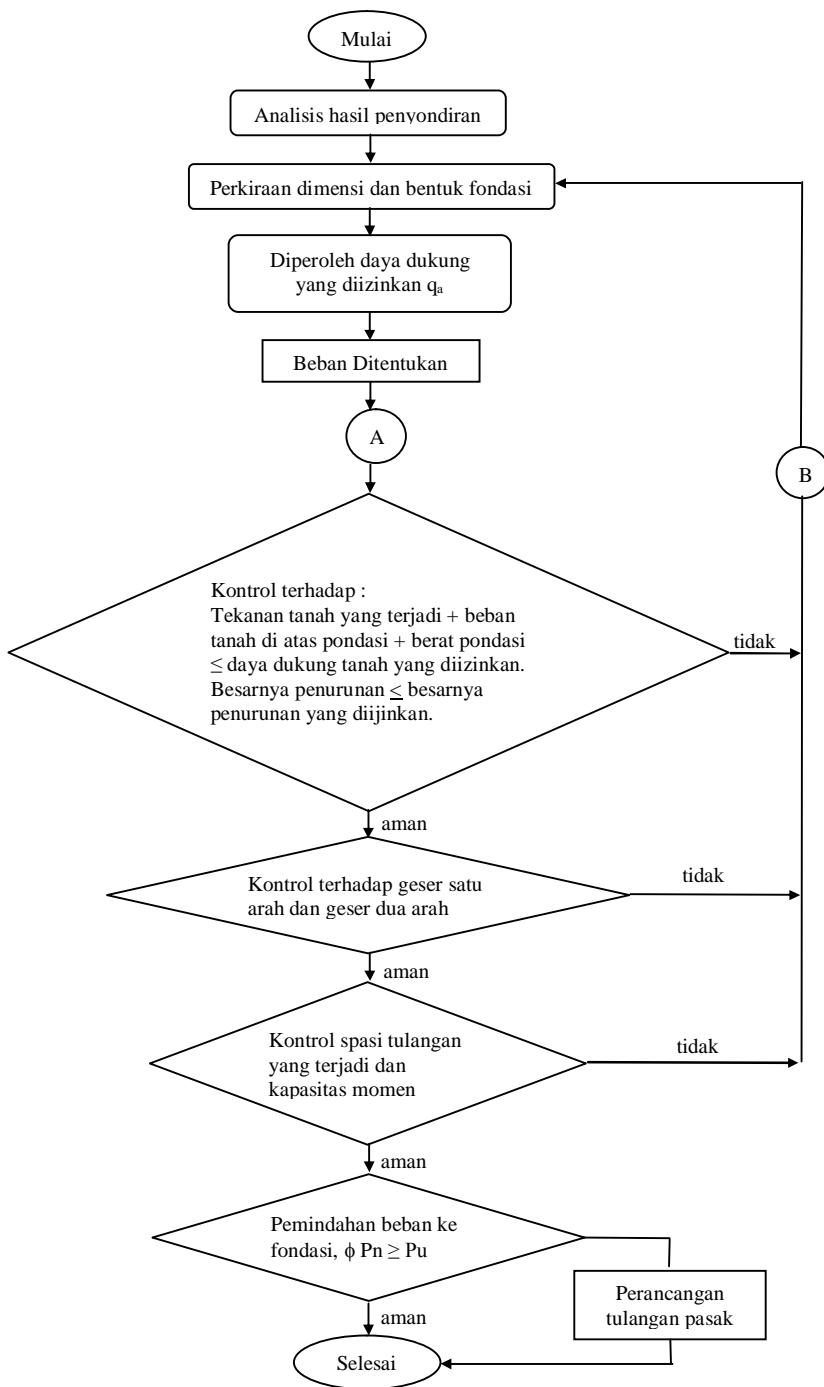
Berdasarkan hasil penyondiran di lapangan dan hasil pengujian di laboratorium kemudian dilakukan perancangan fondasi dengan menggunakan fondasi telapak setempat. Tahapan perancangan tersebut mengacu pada Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SK SNI-T-15-1991-03 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 2. Hasil Penyondiran

Kedalaman (m)	Titik Pertama		Titik Kedua	
	qc (Kg/ cm ²)	TF (Kg/ cm ²)	qc (Kg/ cm ²)	TF (Kg/ cm ²)
0,2	20	40	25	0
0,4	30	60	42	20
0,6	20	80	80	20
0,8	15	92	70	40
1,0	20	112	95	40
1,2	21	120	80	70
1,4	30	180	60	100
1,6	100	180	100	100
1,8	50	220	30	120
2,0	20	260	19	126
2,2	20	276	20	126
2,4	40	306	25	152
2,6	30	356	12	172
2,8	45	376	10	172
3,0	28	402	12	198
3,2	15	428	20	202
3,4	28	450	20	218
3,6	40	510	18	218
3,8	38	530	22	218
4,0	61	572	25	232

Tabel 3. Hasil Pengujian di Laboratorium

No	Jenis Pengujian	Simbol	Hasil
1	Uji kadar air	w	20,49 %
2	Uji berat jenis	G_s	2,37
3	Uji berat volume	γ_b	12,75 kN/m ³
4	Uji distribusi ukuran butir		
	a. fraksi butir halus		46,56 %
	b. fraksi butir kasar		53,44 %



Gambar 1. Bagan Alir Perancangan Fondasi Telapak.

Analisis Hitungan Keamanan Terhadap Keruntuhan Daya Dukung Tanah

Pembebanan pada fondasi dianggap sentris, sehingga eksentrisitas tidak dibahas.

Data yang digunakan untuk perancangan fondasi telapak setempat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data-Data yang Digunakan

No	Data	Keterangan
1	Dimensi kolom	40 x 40 cm
2	Berat volume beton	24 kN / m ³
3	Kuat tekan beton (f _c ')	30 MPA
4	Tegangan leleh (f _y)	400 MPA
5	Pembebanan	
	Beban terfaktor	284,965 kN
	Beban tidak terfaktor	215,735 kN

Lebar fondasi (B) direncanakan sebesar 1 m dengan bentuk bujur sangkar.

Tebal pelat yang digunakan adalah 25 cm.

Kedalaman fondasi (D_f) : 1,6 m dengan nilai q_c (tahanan konus) : 100 kg/cm².

Daya dukung yang diijinkan (untuk B ≤ 1,2 m) :

$$q_a = \frac{q_c}{30} = 3,333 \text{ kg/cm}^2 = 326,889 \text{ kN / m}^2 \quad (4)$$

Tekanan akibat fondasi + tekanan tanah timbunan di atas fondasi :

$$q = (1,35 \times 12,75) + (0,25 \times 24) = 23,213 \text{ kN / m}^2 \quad (5)$$

Tekanan tanah efektif : $\sigma_n = q_a - q = 326,889 - 23,213 = 303,676 \text{ kN / m}^2$

Tegangan tanah netto : $Q_{\text{netto}} = \frac{P \text{ terfaktor}}{A} = \frac{284,965}{1.1} = 284,965 \text{ kN / m}^2$

Kontrol terhadap daya dukung tanah : $q_a (= 326,889 \text{ kN/m}^2) > Q_{\text{netto}}+q (= 308,178 \text{ kN/ m}^2)$, maka fondasi aman terhadap keruntuhan daya dukung tanah.

Kontrol Terhadap Penurunan-Segera yang Terjadi

Tabel 5. Besarnya Penurunan-Segera

Kedalaman (m)	Penurunan pada Titik Sondir Pertama (mm)	Penurunan pada Titik Sondir Kedua (mm)
1,6 – 1,8	1,5	2,5
1,8 – 2,0	3,9	4,1
2,0 – 2,2	3,8	3,8
2,2 – 2,4	1,7	2,8
2,4 – 2,6	2,2	5,6
2,6 – 2,8	1,4	6,1
2,8 – 3,0	1,8	4,3
3,0 – 3,2	2,7	2,0
3,2 – 3,4	1,4	2,0
3,4 – 3,6	0,8	1,7
3,6 – 3,8	0,7	1,3
3,8 – 4,0	0,4	1,0

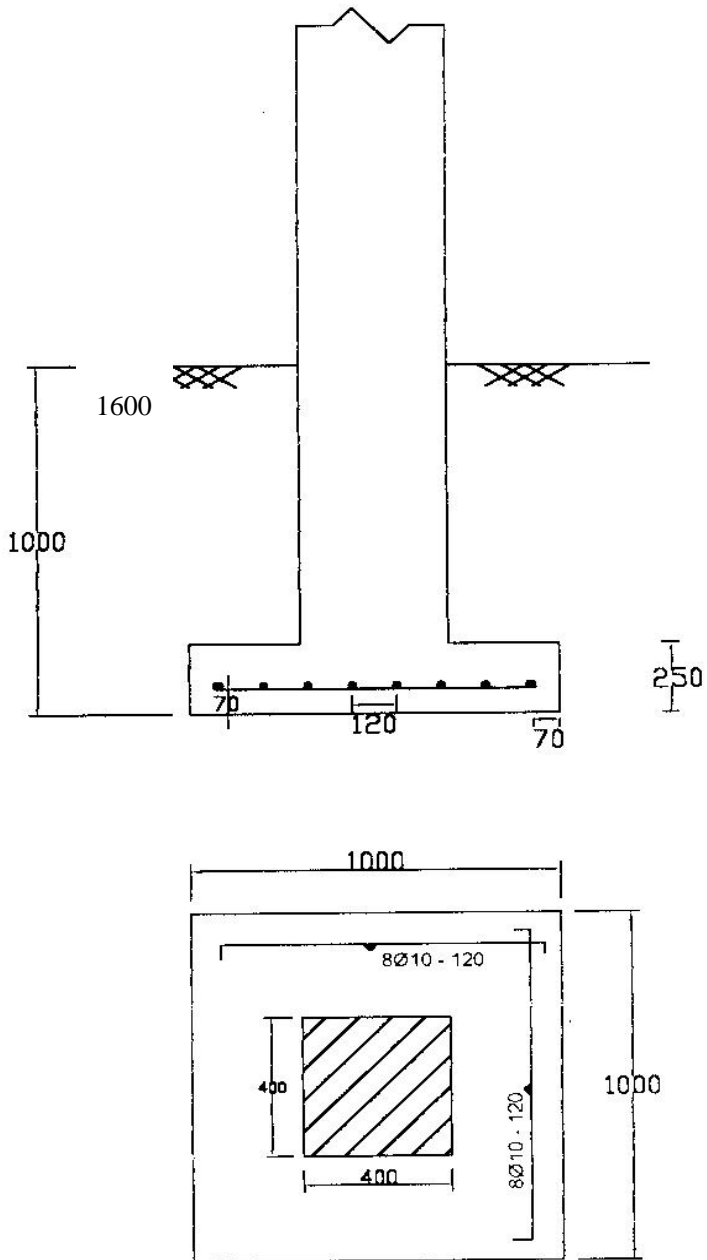
S total = 22,3 mm < 40 mm (= batas penurunan maksimum). S total = 37,1 mm < 40 mm (= batas penurunan maksimum).

Kontrol Dimensi dan Tulangan Fondasi

Direncanakan tebal selimut : 70 mm dan diameter tulangan : 10 mm.

Tabel 6. Kontrol Dimensi dan Tulangan Fondasi

No.	Keterangan	Hasil Hitungan
1.	Tinjauan terhadap gaya geser satu arah (geser lentur)	
	a. Tinggi efektif penampang rata-rata, d	175 mm
	b. Geser terfaktor, V_u	35,261 mm
	c. Geser nominal, V_c	159,752 mm
	d. ϕV_c	95,851 mm
	$\phi V_c > V_u$, maka tebal fondasi 250 mm dapat digunakan, karena aman terhadap gaya geser satu arah dan tidak perlu tulangan geser.	
2.	Tinjauan terhadap gaya geser dua arah (gaya pons)	
	a. Luas efektif (luas beban untuk geser pons), A_{efektif}	0,669 m ²
	b. Geser terfaktor, V_u	190,642 kN
	c. Geser nominal, V_c	479,257 kN
	d. ϕV_c	287,554 kN
	$\phi V_c > V_u$, maka tebal fondasi 250 mm dapat digunakan, karena aman terhadap gaya pons dan tidak perlu tulangan geser.	
3.	Tinjauan terhadap momen	
	a. Momen ultimit, M_u	12,823 kNm
	b. A_s perlu	612,5 mm ²
	c. Jumlah tulangan yang dibutuhkan, n	7,798
	d. Jumlah tulangan yang digunakan	8Ø10 dengan luas 628,319 mm ²
4.	Tinjauan terhadap spasi antar tulangan	
	a. Spasi minimum	10 mm
	b. Spasi maksimum	500 mm
	c. Spasi yang terjadi	111,429 mm
	d. Spasi yang digunakan	120 mm
	10 mm < 120 mm < 500 mm, Oke .	
5.	Tinjauan terhadap kapasitas momen	
	a. M_u	12,823 kNm
	b. $M_{nx} = M_{ny}$	42,744 kNm
	c. ϕM_n	27,784 kNm
	$\phi M_n > M_u$, →Oke .	
6.	Pemindahan beban ke pondasi	
	Kuat tekan rencana pada kolom ϕP_n	2652 kN
	$\phi P_n > P_u$ (=284,965 kN), maka kolom mampu menahan gaya aksial melalui tegangan beton saja, tulangan pasak tidak diperlukan.	



Gambar 2. Hasil Perancangan Fondasi Telapak Setempat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji sondir pada tanah timbunan sampah, fondasi telapak bujursangar dapat digunakan untuk mendukung struktur bangunan dua lantai. Fondasi tersebut berukuran 100 cm x 100 cm dengan ketebalan 25 cm. Kedalaman fondasi adalah 1,6 m, jumlah tulangan sebanyak 8 buah dengan diameter 10 mm dan spasi tulangan 12 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SK-SNI-T-15-1991-03*, Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 1996, *Teknik Fondasi I*, Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Obi, 2005, *Bau Tak Sedap dari TPA Sampah*, Harian Kedaulatan Rakyat 14 April 2005, Yogyakarta.
- Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto, 1994, "*Mekanika Tanah dan Teknik Pondas*"i, Cetakan Keenam, Pradnya Paramita, Jakarta.