



Analisis Daya Dukung Tanah pada Perencanaan Landfill PLTU Suge Belitung

Yayu Sriwahyuni Hamzah^{*1}, Satria Agung Wibawa², Yunus Renggana³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri Surabaya, 61256, Indonesia.

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo, 57521, Indonesia.

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri Surabaya, 61256, Indonesia.

*Email korespondensi: yayu.sriwhy@gmail.com

Diterima Juni 2023; Disetujui Juli 2023; Dipublikasi Juli 2023

Abstract: *The need for landfill facilities as a place for storing B3 waste in several PLTUs and industries is increasingly becoming a priority. This is because the solid waste piles are generated in large quantities. The problem faced is how to get a construction site with landfill facilities in an area that meets the technical requirements in a timely and safe manner. In planning the PLTU Suge - Belitung landfill facility, the quality of the carrying capacity of the local land must be considered in order to determine a Liner layer construction plan (landfill base layer) and a strong and safe Embankment construction plan. The purpose of this research is to get the results of land carrying capacity quality which can then be used for the design of landfill embankment plans. To measure the carrying capacity of the soil in the field using the Standard Penetration Test / SPT. From the calculation of the carrying capacity based on the SPT data, the result is that the carrying capacity (q_b) is between 24.06 – 60.29 tons/m² (average = 36.51 tons/m²), while the permit carrying capacity (q_a) is between 8.02 – 20.10 tonnes/m² (average = 12.17 tonnes/m²).*

Keywords: *Landfill, SPT, Bearing Capacity*

Abstrak: Kebutuhan akan fasilitas penimbunan limbah (*Landfill*) sebagai tempat penimbunan limbah B3 pada beberapa PLTU dan industri semakin menjadi prioritas. Hal ini mengingat timbunan limbah padat yang dihasilkan dalam jumlah besar. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana cara mendapatkan lokasi konstruksi dengan fasilitas *landfill* di dalam area yang memenuhi persyaratan teknis secara tepat dan aman. Dalam perencanaan fasilitas *landfill* PLTU Suge – Belitung harus memperhatikan kualitas daya dukung lahan setempat untuk menentukan rencana konstruksi lapisan Liner (lapisan dasar *landfill*) dan rencana konstruksi Tanggul yang kuat dan aman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil kualitas daya dukung lahan yang selanjutnya dapat digunakan untuk desain rencana tanggul *landfill*. Untuk pengukuran daya dukung tanah di lapangan menggunakan *Standard Penetration Test / SPT*. Dari perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT didapat hasil bahwa daya dukung (q_b) antara 24,06 – 60,29 ton/m² (rata-rata = 36,51 ton/m²), sedangkan daya dukung ijin (q_a) antara 8,02 – 20,10 ton/m² (rata-rata = 12,17 ton/m²).

Kata kunci : *Landfill, SPT, Daya Dukung*

Abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) merupakan dua jenis limbah padat yang dihasilkan PLTU batubara selama pembakaran (Rahmawati *et al.* 2021). Kebutuhan akan fasilitas penimbunan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) di beberapa PLTU khususnya dalam studi ini di PLTU Suge - Belitung menjadi prioritas mengingat timbunan limbah padat FABA yang dihasilkan dalam jumlah besar yakni sebanyak ± 6000 ton pertahun.

Selama ini pengelolaan FABA di PLTU Belitung disimpan di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) pada lokasi *Ash Yard* sesuai dengan ijin dari DLH Kabupaten Belitung, dengan kondisi tersebut PLTU Belitung berkewajiban melakukan kegiatan pelimbahan FABA ke pihak Pemanfaat FABA.

Kebutuhan akan fasilitas penimbunan limbah (*Landfill*) sebagai tempat penimbunan limbah B3 beberapa PLTU dan industri semakin menjadi prioritas mengingat timbunan limbah padat dalam jumlah besar. Permasalahan yang setiap saat dihadapi adalah bagaimana menemukan cara yang tepat untuk mendapatkan lokasi konstruksi fasilitas *Landfill* di dalam area PLTU Suge - Belitung yang memenuhi persyaratan teknis tersebut secara tepat dan aman terutama bagi PLTU Suge - Belitung.

Fasilitas *Landfill* harus memperhatikan kualitas daya dukung lahan setempat untuk menentukan rencana konstruksi lapisan Liner (lapisan dasar *Landfill*) dan rencana konstruksi Tanggul yang kuat dan aman . Karena itu dalam perencanaan desain tanggul perlu dilakukan analisa kekuatan dan rencana perkuatan daya dukung tanah setempat untuk mendapatkan desain ketinggian tanggul yang sesuai dengan kebutuhan.

Pembangunan tanggul *landfill* yang tidak tepat atau kurang memperhitungkan daya dukung lahan dikhawatirkan akan mengakibatkan terjadinya kelongsoran tanggul tersebut. Kelayakan lokasi fasilitas *landfill* yang mengacu kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.63 /Menlhk / Setjen /KUM.1/7/2016 yang berisikan tentang persyaratan dan tata cara penimbunan limbah B3 di fasilitas penimbunan akhir.

Dari konteks di atas dapat dirumuskan bahwa dalam menentukan desain tanggul *landfill* yang tepat dan aman, maka diperlukan suatu analisa terhadap daya dukung tanah dilokasi rencana pembangunan *landfill* PLTU Suge Belitung. Tujuannya setelah mendapatkan hasil kualitas daya dukung lahan selanjutnya dapat ditentukan desain rencana tanggul *landfill*.

KAJIAN PUSTAKA

Definisi FABA

Partikel berupa abu sisa pembakaran batu bara dikenal dengan istilah *Fly Ash and Bottom Ash* (FABA). *Fly ash* adalah abu yang naik dan terbang, sedangkan *bottom ash* adalah abu yang tidak naik/terbang. Pada tabel berikut dapat di lihat secara umum karakter fisik FABA:

Tabel 1. Karakteristik Fisik Material FABA

	<i>Fly Ash</i>	<i>Bottom Ash</i>
Ukuran Partikel	< 0,074 mm	0,5 – 2 mm
Densitas	1.600 kg/m ³	2230 kg/m ³
Sifat Fisis	Pozzolanik	Berpori
Potensi dihasilkan	10 – 20 %	80 – 90 %

Sumber: Pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash*, Ir: Achmad Gunawan W, MA

Daya Dukung Tanah (*Soil Bearing Capacity*)

Terdapat 2 definisi dalam daya dukung tanah yakni :

- a. Daya dukung tanah terfaktor (q_{ult}) atau (q_b)
Didefinisikan sebagai kekuatan maksimum tanah yang dapat menahan tekanan secara efektif tanpa adanya keruntuhan/*failure*. Sebaliknya, keruntuhan pada tanah adalah penurunan/*sattlement* yang berlebihan, yaitu ketidakmampuan tanah untuk menahan gaya geser dalam mentransfer beban ke tanah. (Bowles, 1992).

Faktor yang mampu mempengaruhi daya dukung :

1. Kedalaman pondasi D_f
2. Sifat tanah terhadap penurunan
3. Kedalaman muka air tanah
4. Ukuran dan bentuk pondasi
5. Nilai parameter tanah (γ, ϕ, c)

- b. Daya dukung tanah diijinkan (q_a)

Didefinisikan sebagai kemampuan tanah untuk dapat memikul tekanan/beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi. Faktor-faktor berikut yang menentukan dan membatasi daya dukung tanah yang diijinkan:

1. Aman terhadap penurunan akibat konsolidasi tanah sehingga penurunan total tidak terlalu besar
2. Aman terhadap runtuhnya tanah

Beban dibagi dengan faktor keamanan (*Safety Factor*) digunakan untuk mendapatkan tegangan yang digunakan dalam perencanaan pondasi.. Nilai yang diperoleh dari pembagian tersebut, selanjutnya disebut dengan tegangan tanah yang diizinkan dirumuskan sebagai

berikut :

$$q_a = \frac{q_{ult}}{SF} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

q_a : tegangan tanah yang diizinkan

q_{ult} atau q_b : daya dukung batas

SF : faktor keamanan

Syarat keamanan yang harus dipenuhi, disarankan agar SF terhadap kerusakan akibat beban terbesar sama dengan = 3. SF dapat digunakan kurang dari < 3 untuk struktur – struktur kurang penting. Untuk menanggulangi kerentanan kondisi tanah dasar faktor keamanan (SF) = 3 adalah sangat penting.

Perhitungan Daya Dukung Tanah

Analisis hasil uji laboratorium dan uji lapangan dapat digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah. Hasil pengujian di laboratorium di antaranya adalah teori Terzaghi, teori Skempton dan sebagainya. Sedangkan untuk

pengujian dilapangan antara lain : *Cone penetration test / CPT (Sondir)* , *Standard Penetration Test / SPT* dan *Plate Bearing Test*

Analisis perhitungan daya dukung menurut Terzaghi, melakukan penurunan rumus dengan menggunakan asumsi - asumsi sebagai berikut :

1. Pondasi relative kaku dibandingkan dengan tanah yang mendukung
2. Tidak ada penurunan akibat konsolidasi
3. Homogen isotropik sebagai lapisan tanah dibawah pondasi
4. General *shear failure* merupakan suatu pemodelan keruntuhanpondasi
5. Diasumsikan tidak ada pergerakan horizontal (*sliding*) antara dasar pondasi dengan tanah dengan asumsi dasar pondasi adalah kasar.

6. Komponen gesekan tanah di daerah sedalam D diabaikan, karna dianggap kedalaman pondasi (D) lebih kecil atau sama dengan dimensi lebar pondasi (B),
7. Pertemuan antara sisi baji dan dasar pondasi membentuk sudut sebesar sudut geser dalam tanah ϕ
8. Kekuatan geser tanah mengikuti pola keruntuhan Mohr-Coulomb

METODE PENELITIAN

Gambaran Umum Objek Penelitian

Daerah penyelidikan terletak di Dusun Suge, Desa Pegantungan, Kecamatan Badau, Kabupaten Belitung. Lokasi tersebut terletak lebih kurang 40 km sebelah Barat Daya Kota Tanjung Pandan. Lokasi yang direncanakan untuk fasilitas *landfill* di PLTU SUGE - Belitung berada area disekitar bagian TPS *ash yard* dan kolam *ash pond* serta pada bagian lahan kosong sisi utara bagian tersebut, seperti terdapat pada gambar dibawah in



Gambar 1.
Lokasi kegiatan studi rencana *landfill*

Teknik Pengumpulan Data

Data didapatkan dari PLTU Suge Belitung berupa:

- a. Data situasi topografi daerah, dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur Theodolit (South ET-05), dimaksudkan untuk mengetahui bentuk morfologi serta luasnya, sehingga akan mempermudah dalam membuat perencanaan konstruksi
- b. Data pemboran inti, dilaksanakan dengan memakai bor mesin dengan memakai mata bor yang berukuran 73 mm. Jumlah pengeboran adalah 8 (delapan) titik, dengan kedalaman pengeboran masing-masing 20 meter, sehingga total kedalaman adalah 160 meter. Contoh tanah hasil pemboran (*core*) disimpan dalam kotak contoh (*core box*). Pada setiap lubang bor dilakukan diskripsi serta dibuat penampang bornya (*Log bor*). Bersamaan dengan kegiatan pengeboran, dilakukan juga pengujian *Standard Penetration Test* (SPT).
- c. Data SPT, SPT dilakukan bersamaan dengan aktivitas pemboran, yaitu berupa pemancangan sebuah *split spoon sampler* dengan cara menjatuhkan beban seberat 62,5 kg dan tinggi jatuh 75 cm. Uji ini dilakukan sebanyak 3 x 15 cm (N.15; N.30; N.45), N.15 diabaikan sedangkan yang dicatat jumlah pukulannya hanya N.30 dan N.45. Kemudian mencatat jumlah pukulan (N) yang diperlukan untuk penetrasi sedalam 45 cm (Jumlah pukulan tersebut memberikan petunjuk tentang kondisi dari lapisan tanah yang diuji). Pengujian ini dilakukan setiap interval 2 m dan akan dihentikan jika 38 telah mencapai lapisan batuan dasar atau nilai $N > 60$ pukulan (lapisan tanah sangat keras/padat).

Variabel Penelitian

Daya dukung tanah kekuatan maksimum tanah menahan tekanan dengan baik tanpa menyebabkan terjadinya *failure*. Untuk menghitung daya dukung tanah disini menggunakan data N- SPT dengan rumus:

$$q_b = c \times N_c \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

q_b = Daya dukung batas

Nilai kohesi (c) = $0.6 \times$ nilai SPT(rata-rata) ton/m²

Faktor daya dukung (N_c) = 5,14

Daya dukung ijin $q_a = q_b/3$ ton/m²

Faktor keamanan (SF) = 3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Sesuai dengan pengukuran topografi area rencana kegiatan tapak proyek kajian *site investigation* dan desain landfill di PLTU Belitung terdapat lokasi rencana yang mempunyai luas 3,06 Ha, umumnya mempunyai bentuk topografi datar dengan ketinggian antara 6,20 m – 10,15 m dpl. Berdasarkan dari hasil pengamatan data sampel tanah oleh unit PLTU Suge Belitung terkait rencana kegiatan pembangunan *landfill* yang kemudian dilakukan pemboran inti pada 8 titik sesuai dengan koordinat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Koordinat Pemboran Inti

No	No Bor	Kedalaman (m)	Ketinggian dari Muka Laut (m)	Koordinat	
				X	Y
1	BH.1	20	10,15	785135,31	9679735,05
2	BH.2	20	9,88	785027,06	9679691,06
3	BH.3	20	8,31	784929,85	9679653,83
4	BH.4	20	7,48	784901,36	9679687,84
5	BH.5	20	6,66	784874,62	9679733,01
6	BH.6	20	6,20	784988,51	9679778,16
7	BH.7	20	6,49	785095,49	9679822,89
8	BH.8	20	7,01	785114,13	9679784,81

Pada saat kegiatan pemboran ini telah dilakukan juga pengujian SPT setiap interval 2 m, sehingga total pengujian adalah 72 kali (pengujian SPT dihentikan apabila Nilai N > 60 tumbukan). Hasil pengujian SPT yang telah dilaksanakan di lapangan dapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Nilai SPT dari Pemboran Inti

Bor	Kedalaman (m)	Nilai SPT (N)	Bor	Kedalaman (m)	Nilai SPT (N)
BH 1	2.00 – 2.45	9	BH 2	2.00 – 2.45	8
	4.00 – 4.45	12		4.00 – 4.45	7
	6.00 – 6.45	15		6.00 – 6.45	9
	8.00 – 8.45	16		8.00 – 8.45	11
	10.00 – 10.45	12		10.00 – 10.45	10
	12.00 – 12.45	14		12.00 – 12.45	14
	14.00 – 14.45	14		14.00 – 14.45	13
	16.00 – 16.45	16		16.00 – 16.45	9
18.00 – 18.45	19	18.00 – 18.45	15		
Rata-rata		11	Rata-rata		10.7
BH 3	2.00 – 2.45	4	BH 4	2.00 – 2.45	8
	4.00 – 4.45	5		4.00 – 4.45	10
	6.00 – 6.45	9		6.00 – 6.45	13
	8.00 – 8.45	19		8.00 – 8.45	12
	10.00 – 10.45	9		10.00 – 10.45	4
	12.00 – 12.45	8		12.00 – 12.45	5
	14.00 – 14.45	13		14.00 – 14.45	6
	16.00 – 16.45	14		16.00 – 16.45	7
18.00 – 18.45	17	18.00 – 18.45	6		
Rata-rata		10.9	Rata-rata		7.8
BH 5	2.00 – 2.45	8	BH 6	2.00 – 2.45	5
	4.00 – 4.45	9		4.00 – 4.45	7
	6.00 – 6.45	11		6.00 – 6.45	10
	8.00 – 8.45	12		8.00 – 8.45	13
	10.00 – 10.45	15		10.00 – 10.45	14
	12.00 – 12.45	> 60		12.00 – 12.45	13
	14.00 – 14.45	22		14.00 – 14.45	14
	16.00 – 16.45	> 60		16.00 – 16.45	10
18.00 – 18.45	> 60	18.00 – 18.45	13		
Rata-rata		12.83	Rata-rata		11
BH 7	2.00 – 2.45	10	BH 8	2.00 – 2.45	8
	4.00 – 4.45	17		4.00 – 4.45	7
	6.00 – 6.45	15		6.00 – 6.45	12
	8.00 – 8.45	18		8.00 – 8.45	13
	10.00 – 10.45	20		10.00 – 10.45	9
	12.00 – 12.45	22		12.00 – 12.45	15
	14.00 – 14.45	22		14.00 – 14.45	16
	16.00 – 16.45	24		16.00 – 16.45	11
18.00 – 18.45	28	18.00 – 18.45	12		
Rata-rata		19.55	Rata-rata		11.44

Bersamaan dengan proses pemboran inti selain dilakukan pengujian nilai SPT sekaligus juga dilakukan pengambilan sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed*). Hal ini dilakukan untuk mengambil contoh tanah yang dapat mewakili kondisi asli pada kedalaman tertentu. Dari setiap lubang pemboran inti yang dilakukan sebanyak 8 titik, masing – masing diambil sampel tanahnya sebanyak 3 buah, sehingga dengan jumlah total sebanyak 24 buah sampel tanah kemudian dikirim ke laboratorium mekanika tanah untuk diperiksa sifat-sifat fisik dan keteknikannya.

Analisis Data

Berdasarkan data nilai N-SPT seperti pada tabel 2 dan tabel 3 di atas didapatkan hasil perhitungan untuk daya dukung ijin tanah sesuai pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Lokasi	Nspt	C (t/m ²)	NC	Daya Dukung qb (t/m ²)	Daya Dukung Ijin qa (t/m ²)
BH.1	11.00	6.60	5.14	33.92	11.31
BH.2	10.70	6.42	5.14	33.00	11.00
BH.3	10.90	6.54	5.14	33.62	11.21
BH.4	7.80	4.68	5.14	24.06	8.02
BH.5	12.33	7.40	5.14	38.03	12.68
BH.6	11.00	6.60	5.14	33.92	11.31
BH.7	19.55	11.73	5.14	60.29	20.10
BH.8	11.44	6.86	5.14	35.28	11.76
				36.51	12.17

$$c = 0,6 \times N_{spt} \text{ (ton/m}^2\text{)}; N_c = 5,14; F_s = 3$$

Dari perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT didapat hasil bahwa daya dukung (q b) antara 24,06 – 60,29 ton/m² (rata-rata = 36,51 ton/m²), sedangkan daya dukung ijin (q a) antara 8,02 – 20,10 ton/m² (rata-rata = 12,17 ton/m²),

Interpretasi Nilai Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi. Untuk

mendapat tegangan yang dipakai dalam perencanaan pondasi, besarnya beban dibagi dengan faktor keamanan (*safety factor*). Dengan menggunakan analisis tersebut maka dapat dipastikan bahwa tanah dapat memikul beban timbunan limbah. Daya dukung tanah dalam membuat *landfill* perlu diperhitungkan dengan cermat agar kekuatan tanah dalam memikul beban timbunan limbah dapat dipastikan kuat sampai jangka waktu yang ditentukan. Untuk mengetahui dan memastikan daya dukung tanah maka dapat dilakukan perhitungan daya dukung tanah menggunakan beberapa pendekatan salah satunya menggunakan rumus Terzaghi (1943).

Mengacu pada hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT dapat diketahui bahwa Daya dukung (q b) antara 24,06 – 60,29 ton/m² (rata-rata = 36,51 ton/m²), sementara itu untuk daya dukung ijin (q a) antara 8,02 - 20,10 ton/m² (rata-rata = 12,17 ton/m²). Analisis daya dukung tersebut didasarkan kondisi *general shear failure*, sesuai dengan yang disampaikan oleh Terzaghi (1943) dengan anggapan pondasi berbentuk memanjang tak terhingga dengan lebar lebar B dan terletak di atas tanah homogen.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian tentang analisis daya dukung tanah pada perencanaan *landfill* PLTU di wilayah Suge Belitung, menggunakan *Standard Penetration Test* / SPT dengan melakukan pengeboran inti pada 8 titik pada setiap interval 2 m, sehingga total pengujian adalah 72 kali (pengujian SPT dihentikan apabila Nilai N > 60 tumbukan). Dari hasil pengujian ini diperoleh hasil nilai daya dukung

tanah ijin (q_a) antara 8,02 - 20,10 ton/m² (rata-rata = 12.17 ton/m²).

Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu untuk menganalisa material timbunan yang akan digunakan sebagai tanggul *landfill*. Termasuk perencanaan volume kapasitas simpan *landfill* yang harus disesuaikan dengan ketersediaan luasan lahan yang akan dibangun dan kemampuan tinggi tanggul aman. Disamping itu perlu adanya kajian tentang peningkatan perkuatan tanah (*Soil Reinforcement*) untuk dapat menahan bidang longsoran dan menambah tekanan pasif melawan longsor pada *landfill*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1992). *Analisa dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- B. M. Das, (1998), *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, 1 st. Jakarta: Erlangga
- Damanhuri, E. (2008). *Diktat Landfilling Limbah*. Institut Teknologi Bandung, Versi 2008, 40.
- Emeraldi, M., Hendrawati, N., & Sulistyawan, H. (2020). *Evaluasi Kinerja Lapisan Landfill pada Area Ash Disposal PT Paiton Operation and Maintenance Indonesia (PT POMI)*. DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi, bagian I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Pasole, D., Patanduk, J., & Wong, I. L. K (2020). *Analisis Stabilitas Lereng Disposal Menggunakan Metode Bishop, Janbu, dan Ordinary*. Paulus Civil Engineering Journal, 2(3).
- Rahmawati, C., Aprilia, S., Saidi, T., and Aulia, T.B., 2021. Mineralogical, Microstructural and Compressive Strength Characterization of Fly Ash as Materials in Geopolymer Cement. *Elkawanie*, 7 (1), 1–17.
- Soemitro, R. A. A., Rendy, T., Rausanfikir, A. (2020). *Analisis Penilaian Stabilitas Timbunan Dan Perkuatan Tanah Pada Open Dumping TPA Ngipik Gresik*. PORTAL Jurnal Teknik Sipil, 12(2).
- Zulfahmi. (2011). *Analisis Stabilitas Tanggul, Desain Rawa dan Lereng Tambang untuk Mendukung Operasi Penambangan Batubara di Berau Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, 7(4): 157-173.