

Percepatan Proyek Pembangunan Hunian Tetap Tahap-3 di Kabupaten Cianjur berdasarkan Justifikasi Teknik Perbaikan dan Penguatan Permukaan Tanah

Rizqi Choirul Wahdana 23-875¹

¹PT. Brantas Abipraya (Persero), Pembangunan Hunian Tetap Pasca Bencana Gempa Bumi Di Kabupaten Cianjur Tahap-3, Desa Babakan Karet, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat

Article Info

Article history:

Received 07.12.23

Keywords:

Percepatan
Galian
Faktor Tanah
Geotextile

ABSTRACT

Proyek Pembangunan Hunian Tetap Tahap 3 di Kabupaten Cianjur berlokasi di atas persawahan warga yang masih aktif sehingga harus dilakukan perlakuan khusus seperti *Replacement* agar bangunan yang berada di atasnya tidak mengalami masalah seperti turunnya pondasi sehingga mengakibatkan kerusakan bangunan yang merugikan kontraktor. Data sondir menunjukkan lapisan tanah keras di kedalaman 1 m, sehingga mengharuskan kontraktor menggali dengan luasan lahan 27.145 m² atau menggali 27.145 m³.

Estimasi perhitungan galian 630m³ perhari dengan faktor tanah Lempung (*Clay*) yang berpengaruh terhadap produktivitas alat berat didapat koefisien 1,4 sehingga volume galian diperkirakan 38.003 m³ didapatkan lama pengerjaan galian selama 60 hari kerja. Lama pengerjaan ini tidak memungkinkan karena proyek ini direncanakan selesai dalam 98 hari kalender selesai seluruh pekerjaan, maka dari itu diperlukan Justifikasi Teknik sehingga didapatkan tanah harus digali 0,55 m dengan dilapisi *Geoteknik Non Woven*, maka dengan ini lama pekerjaan bisa menjadi singkat yang awalnya 60 hari menjadi 30 hari.

Corresponding Author:

Rizqi Choirul Wahdana
PT. Brantas Abipraya
Paket Pekerjaan Pembangunan Hunian Tetap Pasca Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur Tahap 3
Email: rizqidana99@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Proyek Pembangunan Hunian Tetap Pasca Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur Tahap 3 direncanakan selesai dalam 98 hari kalender sejak 25 September 2023 yang tercantum pada SPMK Nomor: 1022/SPMK-HUNTAP-CJR3/PP.02/RUSUS/2023. PT. Brantas Abipraya selaku Kontraktor tentu saja ingin mencapai tepat mutu, waktu dan biaya. Dengan waktu yang singkat diupayakan target dalam pelaksanaannya tercapai sesuai dengan rencana. Keberhasilan suatu proyek juga tergantung faktor sumber daya seperti man, materials, machine, money dan method.

Faktor mendasar dalam performansi suatu proyek yaitu produktivitas. Waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaian pekerjaan berelasi dengan peningkatan produktivitas yang secara langsung dapat mempengaruhi besarnya biaya.

Tingkat produktivitas haruslah dikaji dalam upaya percepatan penyelesaian pekerjaan. Keberhasilan suatu proyek diperlukan suatu produktivitas yang baik sebab berpengaruh dalam besarnya keuntungan atau kerugian suatu proyek. Produktivitas yang kurang baik dapat digambarkan dengan metode yang kurang tepat dan pemanfaatan sumberdaya yang tidak tertata dengan baik.

Tanah *Existing* yang akan dijadikan kawasan Hunian Tetap Pasca Bencana Gempa Bumi Tahap-3 ini, berada di Desa Babakan Karet, Kecamatan Cianjur, dan merupakan tanah persawahan milik Pemerintah Daerah Kabupaten Cianjur. Dinas Pertanian Kabupaten Cianjur, dengan bukti kepemilikan berupa Sertifikat Hak Milik (SHM) dengan luas 27.485 m². Pada tanah milik pemerintah daerah ini sudah terdapat Gedung dan Gudang Komisi Pemilihan Umum (KPU) Kabupaten Cianjur, dan rencana tanah lainnya untuk pembangunan Asrama Haji Kabupaten Cianjur.

Tanah ini pada sisi utara berbatasan dengan kebun kering berupa perbukitan dengan kontur sedang milik pribadi, seterusnya adalah jalan kabupaten kelas III yang merupakan jalan akses dari jalan provinsi. dan perkampungan, Gedung KPU Kabupaten Cianjur di sisi barat, jalan desa memanjang membatasi lahan di sisi barat sampai sisi selatan serta persawahan di seberang jalannya dan perumahan Hukoci di seberang sawah tersebut, serta saluran irigasi (sungai) di sisi timur yang selanjutnya adalah pesawahan, kebun dan perkampungan warga.

Kondisi tanah *Existing* yang merupakan area persawahan aktif, menjadi kendala tersendiri untuk pembangunan di atasnya. Kondisi tanah lumpur perlu diatasi terlebih dahulu sebelum dilakukan pembangunan atau penempatan bangunan di atasnya. Untuk Rekayasa Teknis Lapangan ini perlu dilakukan kajian untuk mengetahui kondisi sebenarnya pada kondisi tanah dibawah lapisan lumpur tersebut.

A. Rumusan Masalah

1. Bagaimana Kondisi Tanah dari hasil sondir Proyek Pembangunan Hunian Tetap Tahap 3 di Kabupaten Cianjur?
2. Bagaimana Penanganan Lahan yang tepat mutu, waktu dan biaya dengan kondisi tanah existing yang di dapat?

B. Tujuan

1. Mengetahui Kondisi Tanah dari hasil Sondir Proyek Pembangunan Hunian Tetap Tahap 3 di Kabupaten Cianjur
2. Mengetahui Penanganan Lahan yang tepat mutu, waktu dan biaya dengan kondisi tanah existing yang di dapat

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sondir

Cone Penetration Test (CPT) atau lebih sering disebut sondir merupakan salah satu survey lapangan yang berguna untuk memperkirakan letak lapisan tanah keras. Dari tes ini didapatkan nilai perlawanan penetrasi konus. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas. Sedangkan hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya persatuan Panjang (Krisantos Ria Bela, 2022)

2.2 Beban Konstruksi

Beban bangunan yang berdiri di atas tanah sangat dipengaruhi oleh kekuatan daya dukung tanah tersebut. Namun dalam beberapa kasus sering ditemui tanah yang tidak layak sebagai tanah dasar dari suatu bangunan badan jalan atau konstruksi yang berada di atasnya, sehingga sangat sulit untuk mendirikan sebuah bangunan pada tanah yang memiliki daya dukung rendah. Kekuatan tanah dasar sebagai pondasi dari suatu konstruksi merupakan poin utama untuk menentukan kekuatan dan ketahanan struktur diatas tanah dasar. Jenis tanah dasar yang digunakan sebagai pondasi dari bangunan atau konstruksi sipil sangat mempengaruhi ketahanan dari bangunan di atasnya. Tanah dasar yang tidak baik digunakan sebagai tanah dasar adalah tanah yang mempunyai daya dukung rendah, gradasi yang buruk dan indeks plastisitas yang tinggi. (Buana, 2021)

2.3 Distribusi Beban

Menurut (Budhu, 2011) distribusi tegangan dalam tanah yang telah diberi beban ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tanah bersifat *Semi-Infinite, Homogen, Linear, Isotropik Dan Elastis. Massa Semi-Infinite* dibatasi di satu sisi dan dapat meluas tanpa batas ke semua arah lainnya, ini juga disebut "*Elastic Halfspace*". Untuk tanah, permukaan horizontal adalah sisi yang terikat. Karena asumsi elastis linear massa tanah kita bisa menggunakan prinsip superposisi, yang artinya tegangan meningkat pada titik tertentu dalam massa tanah pada arah tertentu dari beban yang berbeda dapat ditambahkan. Beban permukaan dibagi menjadi dua, yaitu *Finite* dan *Infinite*. Contoh dari beban finite adalah beban titik, beban lingkaran, dan beban persegi panjang. Contoh dari beban *Infinite* adalah *Fill and Surcharge*.

2.4 Penggantian Tanah

Perbaikan tanah menggunakan soil replacement telah umum dilakukan untuk kondisi tanah lunak yang tidak tebal. Jenis perbaikan tanah ini dapat meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi tebal tanah kompresibel, namun harus dengan melakukan analisis perancangan yang benar (Badan Standardisasi Nasional, 2017).

2.5 Cerucuk Bmbu atau Dolken (Pile Raft)

Pelaksanaan pemasangan cerucuk ini merupakan jenis perkuatan tanah. Cerucuk sebagai alternatif perkuatan tanah lunak di beberapa daerah, namun belum ada evaluasi yang mendetail tentang penggunaannya. Sampai saat ini para perencana dan praktisi di Teknik Sipil dalam perencanaan cerucuk belum ada acuan yang jelas, sehingga dalam penerapannya didasarkan pengalaman masing-masing perencana dan praktisi.

2.6 Geotekstile

Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 2019) pengertian geosintetik adalah sebuah produk planar yang dibuat dari material polimer yang digunakan pada tanah, batuan, bumi atau rekayasa geoteknik lainnya yang berhubungan dengan material sebagai salah satu bagian dari man-made project, struktur, atau sistem. Material yang digunakan untuk pembuatan geosintetik umumnya dihasilkan oleh industri plastik seperti polimer, karet, *Fiber-Glass*, dan material alam yang terkadang dipakai.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Analisis deskriptif dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dari lapangan berupa data penyelidikan tanah dari Uji Sondir. Data sekunder diperoleh dari HPS yang dibuat oleh kontraktor dan diperiksa oleh Konsultan Management Konstruksi dengan Persetujuan PPK.

3.2 Lokasi

Lokasi berada pada Proyek Pembangunan Hunian Tetap Pasca Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur Tahap 3 Desa Babakan Karet.

3.3 Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data Primer didapat dari lapangan yang terdiri dari:

- Survei Lapangan
- Data Tanah hasil Sondir

b. Data Sekunder

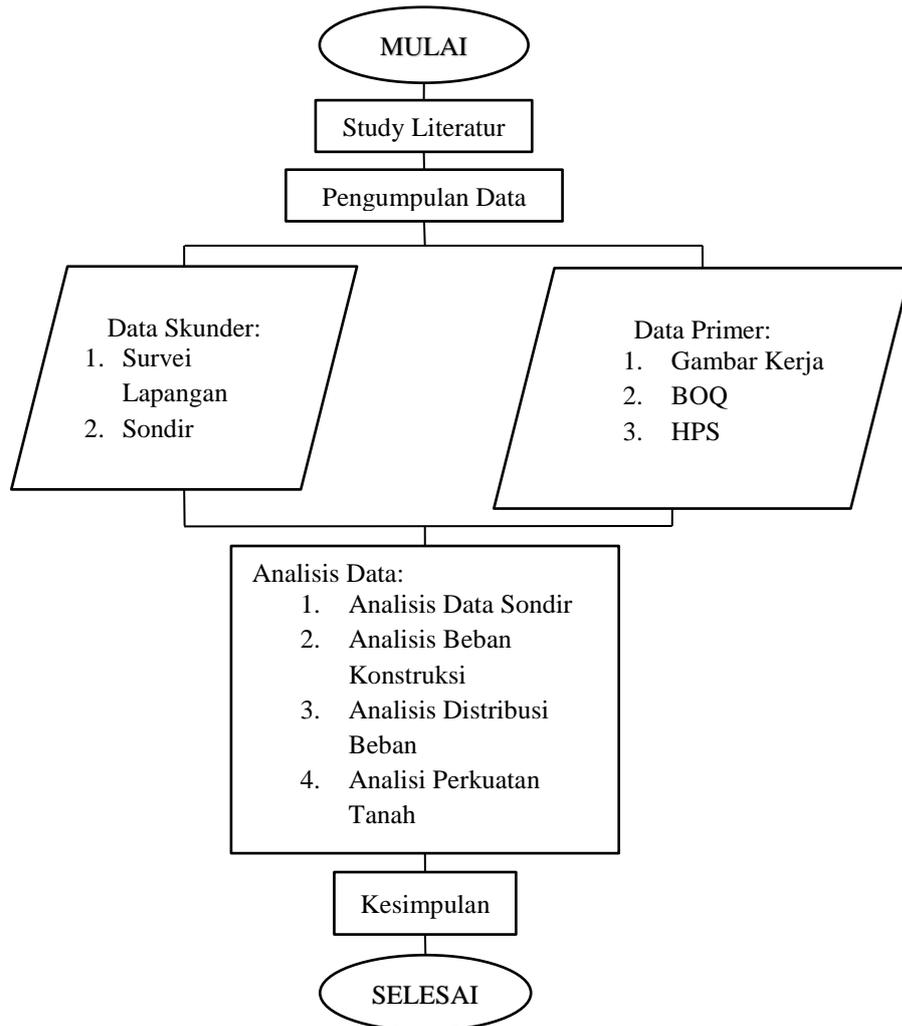
Data Sekunder diperoleh dari PT. Brantas Abipraya selaku kontraktor yang terdiri dari:

- Gambar Kerja
- BOQ
- HPS

3.4 Analisi Data

Analisi dilakukan menggunakan data tanah hasil sondir kemudian didapatkan kedalaman tanah keras sehingga mendapatkan beberapa alternatif untuk percepatan pekerjaan tanah dengan memperhitungkan mutu, waktu serta biaya.

3.5 Flow Chart



Gambar 1. Flow Chart

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyelidikan Tanah

Untuk mengetahui kondisi tanah, telah dilakukan penyelidikan tanah dengan *Dutch Cone Penetration Test (DCPT)* yang lazim disebut Tes Sondir, yang dilakukan pada tanggal 8 dan 9 Oktober 2023. Dari test ini dapat diketahui kedalaman lapisan tanah keras dan sifat daya dukung maupun daya lekat pada setiap interval kedalaman.

Dutch Cone Penetration Test (DCPT) atau Sondir dilaksanakan untuk mencari detail dari nilai tahanan konus (q_c) dari tiap lapisan. Sondir dilakukan dengan manual dan dihentikan jika $q_c > 200$ kg/cm² atau kedalaman mencapai 20m. Sondir dilakukan pada 3 titik di lokasi tersebar yang diperkirakan diperlukan data akurat untuk pelaksanaan pekerjaan selanjutnya. Ke-3 titik tersebut dianggap dapat mewakili dari keseluruhan lokasi ini.



Gambar 2. Lokasi Titik Penyelidikan Tanah

Percobaan ini menggunakan alat sondir yang dilengkapi dengan bikonus dan dipasang di ujung pipa sondir. Selama percobaan sondir, alat dipertahankan vertikal dengan memasang angkur di kaki sondir. Konus kemudian ditekan masuk ke dalam tanah dengan kecepatan konstan tidak lebih dari 2 cm/dtk. Konus mempunyai sudut 60 derajat dan luas proyeksi konus 10 cm².

Pembacaan tekanan konus dilakukan dengan interval 20 cm yaitu pembacaan tekanan konus dan tekanan total + friksi dari selimut konus. Percobaan ini dihentikan jika tahanan konus telah mencapai 200-250 kg/cm² atau mencapai kedalaman 25.0 meter. Hasil percobaan dipresentasikan dalam grafik hubungan antara kedalaman terhadap tahanan konus, tahanan total, dan friction ratio.

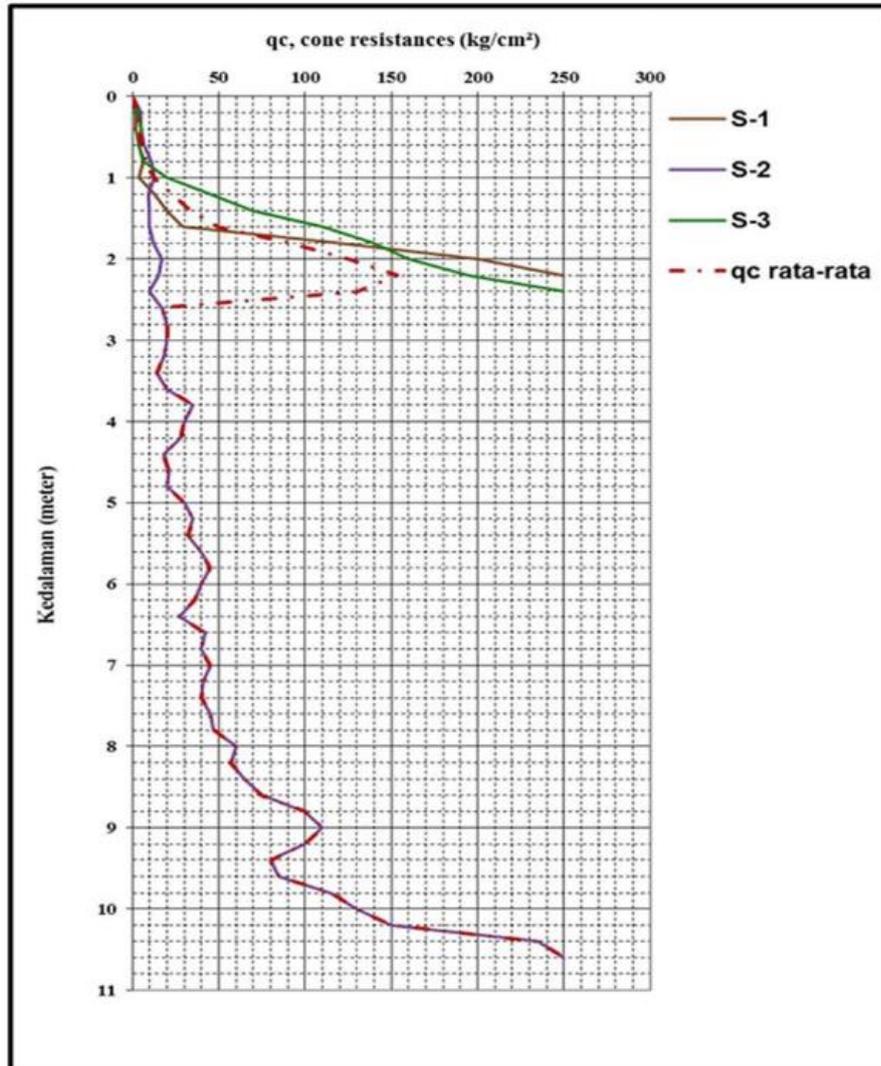
Tabel 1. Rangkuman Hasil Pekerjaan Penyelidikan Tanah di Lapangan

Titik Sondir	Kedalaman Pengujian Sondir (meter)	Nilai Tahanan Konus (q_c)
S-1	2.2	250 kg/cm ²
S-2	10.6	250 kg/cm ²
S-3	2.4	

Muka air tanah diamati pada semua titik sondir selama penyelidikan lapangan dilakukan. Kedalaman muka air tanah yang diperoleh pada waktu penyelidikan lapangan diperoleh dalam waktu yang singkat atau hanya dilakukan pada saat pekerjaan lapangan dilaksanakan, sehingga perlu dilakukan pengujian lapangan

lainnya untuk mendapatkan kedalaman muka air tanah yang lebih pasti dan stabil. Muka air tanah berada pada rata-rata kedalaman 1,0 m.

Data hasil sondir, sbb :



Gambar 3. Rangkuman Hasil Uji Sondir

Daya dukung ijin pondasi dangkal dihitung berdasarkan nilai tanah konus dengan menggunakan formula Skempton. Daya dukung ijin pondasi dangkal pada beberapa kedalaman berdasarkan nilai qc adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal

Titik Sondir	Kedalaman Pondasi Dangkal (m)	Daya Dukung Ijin (kg/cm ²)	Daya Dukung Ijin rata-rata (ton/m ²)
S-1	1.0	0.42 – 0.45	4,25
S-2	1.0	0.30 – 0.33	3,15
S-3	1.0	0.46 – 0.50	4,80

Dari hasil sondir yang telah dilakukan, maka daya dukung ijin rata-rata untuk seluruh lokasi adalah antara 3,15 – 4,80 ton/m². Untuk perencanaan mengatasi tanah existing ini, maka diambil kondisi tanah yang paling jelek kondisinya, yaitu daya dukung ijin 3,15 ton/m². Daya dukung ini termasuk pada klasifikasi tanah lunak.

Tabel 3. Konsistensi Tanah Lempung

Konsistensi Tanah Lempung	Identifikasi Lapangan	qu (kg/cm ²)
Sangat Lunak	Dengan mudah ditembus beberapa inci dengan kepalan tangan	< 0,25
Lunak	Dengan mudah ditembus beberapa inci dengan ibu jari	0,25 – 0,5
Sedang	Dapat ditembus beberapa inchi pada kekuatan sedang dengan ibu jari	0,5 – 1,0
Kaku	Melekuk bila ditekan dengan ibu jari, tapi dengan kekuatan besar	1,0 – 2,0
Sangat Kaku	Melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari	2,0 – 4,0
Keras	Dengan kesulitan, melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari	> 4,0

4.2 Penanganan Lahan

A. Beban Konstruksi

Beban konstruksi yang diperhitungkan adalah beban tetap yang bekerja pada permukaan pondasi, adalah sebagai berikut :

1. Berat Pondasi Batu Kali

Untuk setiap unit terdiri dari 3 jenis pondasi batu kali dan pondasi menerus, dengan berat sbb:

Tabel 4. Berat Pondasi Batu Kali

TYPE PONDASI	VOL.	JML	TOTAL	BJ PAS.	BERAT
Pondasi P1 (sudut)	0.080	4	0.320	2.2	0.704
Pondasi P2 (samping)	0.140	4	0.560	2.2	1.232
Pondasi P3 (tengah)	0.245	1	0.245	2.2	0.539
Pondasi Menerus WC/KM	0.348	1	0.348	2.2	0.766
Berat Total Pondasi Batu Kali (Ton)					3.2406

2. Berat Komponen Ruspun

Untuk setiap unit terdiri dari 3 komponen utama, dengan berat sbb:

Tabel 5. Berat Komponen Ruspun

TYPE KOMPONEN	VOL	JML	TOTAL	BJ BETON	BERAT
Komponen K-1	0.015	18	0.270	2.4	0.648
Komponen K-2	0.024	72	1.703	2.4	4.087
Komponen K-3	0.020	24	0.491	2.4	1.178
Plat, Mur Baut.					0.045
Berat Total Komponen RUSPIN (Ton)					5.958

3. Berat Dinding dan Komponen Beton

Dinding yang dihitung adalah dinding murni setelah dikurangi openingan pintu dan jendela, termasuk beton kolom praktis, balok latei, dan ring balok.

Tabel 6. Berat Dinding dan Komponen Beton

KOMPONEN	LUAS	VOL	BERAT/M3	BERAT
Dinding Bata Ringan	53.713	4.834	0.75	3.626
Sloof Beton		0.035	2.4	0.084
Kolom Praktis		0.158	2.4	0.379
Balok Latei		0.043	2.4	0.104
Ring Balok		0.016	2.4	0.038
Berat Total Komponen Dinding (Ton)				4.230

4. Berat Konstruksi atap dan Plafond

Konstruksi atap dengan kuda-kuda baja ringan (profil C.75.35.0,3 dan reng 0.3) dan atap spandek (t=0,3 mm) dan mengabaikan beban angin karena bangunan rendah. Plafond gypsum t=9 mm dengan rangka besi hollow.

Tabel 7. Berat Konstruksi Atap dan Plafond

KOMPONEN	LUAS	TON/M2	BERAT
Atap dan Penutup Atap	59.04	0.005	0.295
Plafond dan Rangka Plafond	49.37	0.009	0.444
Dinding Sopi-sopi	3.99	0.009	0.036
Lisplank & Penutup Balok	3.19	0.0085	0.027
Berat Total Komponen Atap dan Plafond (Ton)			0.803

B. Distribusi Beban

Distribusi beban adalah pembagian beban yang ditanggung oleh keseluruhan pondasi. Distribusi beban ini dihitung secara pembagian merata untuk seluruh pondasi mengingat komponen struktural bangunan adalah konstruksi beton jadi (*Knock Down*) RUSPIN, yang dirancang menjadi satu kesatuan yang dapat menanggung beban secara merata. Maka, dalam hal ini seluruh beban akan dibagi secara merata kepada seluruh pondasi yang ada.

Dari perhitungan beban konstruksi tersebut diatas termasuk berat sendiri pondasi, total seluruh beban adalah : 14,231 ton. Beban ini akan didistribusikan secara merata pada seluruh permukaan pondasi.

$$P = W/A,$$

dimana : P = Nilai beban konstruksi
(ton/m²)
W = Berat total
bangunan (ton)

A = Luas permukaan pondasi (m²)

$$\text{dengan } A = L(P1) + L(P2) + L(P3) + L(PM)$$

$$= (0,4 \times 0,4 \times 4) + (0,4 \times 0,7 \times 4) + (0,7 \times 0,7 \times 1) + (0,4 \times 2,9)$$

$$= 3,41 \text{ m}^2.$$

Maka:

$$P = 14,231/3,41 = 4,173 > 3,15 \text{ ton/m}^2 \dots \longrightarrow \text{PERLU PERKUATAN TANAH.}$$

C. Perkuatan Tanah Dasar

Umumnya permasalahan yang timbul pada konstruksi di atas tanah lunak adalah besarnya penurunan dan kapasitas dukung yang rendah. Mekanisme hilangnya keseimbangan dapat terjadi pada tanah dengan daya dukung rendah, diakibatkan dari beban berat tanah itu sendiri.

Dari perhitungan diatas, didapat bahwa daya dukung tanah existing tidak akan kuat untuk menahan beban konstruksi yang ada, maka diperlukan suatu penanganan khusus untuk menambah dan memperkuat daya dukung tanah.

Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam penimbunan tanah adalah faktor daya dukung atau kekuatan tanah. Kekuatan tanah dasar yang akan dijadikan area timbunan harus memenuhi kriteria kekuatan tanah agar tanah timbunan dapat stabil dan mampu menanggung beban yang timbul akibat penimbunan. Dalam analisis pemenuhan kekuatan tanah dasar ini, terdapat dua metode yang umum digunakan yaitu metode perbaikan tanah dan metode perkuatan tanah. Salah satu metode perbaikan tanah dilakukan melalui penimbunan secara bertahap dengan membiarkan lapisan tanah dasar untuk terkonsolidasi. Seiring terkonsolidasi nya lapisan tanah

dasar, kekuatan tanah akan meningkat. Metode perkuatan tanah dapat dilakukan melalui penambahan material tambahan pada lapisan tanah dasar untuk meningkatkan daya dukung tanah. Perkuatan dapat dilakukan menggunakan cerucuk, lapisan geotekstil, atau tiang pancang.

1. Penggantian Tanah

Pelaksanaan penggantian tanah ini merupakan jenis perbaikan tanah. Rencana awal adalah dengan pembuangan tanah permukaan (lumpur sawah) sedalam 0,7-1,0 m untuk seluruh area, dan diganti dengan tanah urugan sampai mencapai elevasi yang diinginkan sesuai dengan sloping hunian setinggi 1.4-1.7 m. Namun hal ini berdampak pada volume galian dan buangan tanah yang besar (19.200 – 27.400 m³), dan membengkaknya penyediaan tanah timbunan (38.500 – 46.700 m³). Volume yang besar ini akan sulit ditangani karena harus disiapkannya area disposal yang bisa menampung buangan tanah, dan diperlukannya quarry besar untuk material timbunan. Kesulitan ini ditambah dengan kendala karena kondisi jalan existing yang lebar perkerasannya berkisar sekitar 4m, sehingga menyulitkan proses loading dan unloading untuk 2 arah lalu lintas. Imbas akhirnya secara signifikan akan menambah biaya pelaksanaan pekerjaan.

Namun demikian, berdasarkan pengalaman di beberapa tempat lainnya, (Arif Ramdhani, 2019) dengan daya dukung tanah (kuat tekan bebas, q_u) sebesar 0,315 kg/cm², dengan penimbunan dan pemadatan yang optimum, diperoleh umumnya sifat-sifat fisik dan mekanis tanah lempung, sebagai berikut :

Tabel 8. Sifat-Sifat Fisik dan Mekanis Tanah Lempung

No.	Karakteristik Tanah	Hasil Pengujian
Sifat-sifat Fisik Tanah :		
1	Kadar air tanah asli / tak terganggu (%)	47,94
2	Batas-batas Konsistensi	
	a. Batas Cair (%)	107,98
	b. Batas Plastis (%)	22,8
	c. Indeks Plastisitas (%)	85,18
3	Batas Spesifik tanah (Gs)	2,71
4	Distribusi Ukuran Butiran Tanah	
	a. Persentase Lolos Saringan No.200	86,2
	b. Persentase Lempung (%)	46,18
	c. Persentase Lanau (%)	40,02
	d. Persentase Pasir (%)	13,8
5	Klasifikasi Tanah	
	a. USCS	CH
	b. AASHTO	A-7-6
Sifat-sifat Mekanis Tanah :		
1	Pemadatan	
	a. Berat volume kering maksimum (gr/cm ³)	1,381
	b. Kadar air optimum, W opt. (%)	22,5
2	Kuat Tekan Bebas (qu)	
	a. Tanah asli (undisturb) (kg/cm ²)	0,315
	b. Tanah dipadatkan (compaction) (kg/cm ²)	0,926

Pada dasarnya, penggantian tanah dengan membuang lumpur sedalam 0,7-1,0 m dan mengganti dengan tanah timbunan setinggi 1,4-1,7 m, dengan penghamparan dan pemadatan layers by layers (maksimal 40 cm), maka akan diperoleh daya dukung tanah sebesar 0,926 kg/cm² atau 9,261 ton/m² (hal ini > 4,173 ton/m²..... Ok.).

Namun demikian dengan kondisi seperti ini, maka estimasi biaya pelaksanaan, adalah sebagai berikut :

Tabel 9. Estimasi Rencana Anggaran Biaya Pengolahan Tanah Hunian

No.	ITEM PEKERJAAN	VOLUME SAT.	HARGA SAT. (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	Pek. Pembuangan Tanah Galian	24,186.80 m ³	85,841.00	2,076,219,098.80
2	Pek. Penimbunan Tanah	43,426.30 m ³	275,269.00	11,953,914,174.70
TOTAL BIAYA PENGOLAHAN TANAH				14,030,133,273.50

Kondisi keperluan biaya tersebut diatas, adalah 24,50 % tersendiri dari estimasi total biaya seluruhnya. Hal ini tentunya tidak ideal dalam hal pengolahan tanah. Mempertimbangkan hal tersebut diatas, maka perlu pengurangan volume buangan dan timbunan tanah, sehinggadengan sendirinya arus lalu lintas dalam proses loading dan unloading material berkurang yang berarti juga mengurangi jumlah armada angkutan dan ritase kendaraan.

2. Cerucuk Bambu atau Dolken (Pile Raft)

Pelaksanaan pemasangan cerucuk ini merupakan jenis perkuatan tanah. Cerucuk sebagai alternatif perkuatan tanah lunak di beberapa daerah, namun belum ada evaluasi yang mendetail tentang penggunaannya. Sampai saat ini para perencana dan praktisi di Teknik Sipil dalam perencanaan cerucuk belum ada acuan yang jelas, sehingga dalam penerapannya didasarkan pengalaman masing-masing perencana dan praktisi. Oleh karenanya, hasil perencanaan dapat berdampak kurang aman atau terlalu aman sehingga kurang efektif.

Ada beberapa pendapat dari para ahli tentang pengaruh pemasangan cerucuk pada tanah lempung lunak, sbb:

(Suroso, 2008); pemakaian cerucuk pada lempung lunak dapat meningkatkan daya dukung. Kenaikan daya dukung dengan memakai cerucuk memberikan kontribusi yang cukup besar pada lempung lunak sekitar 2,2 kali daya dukung tanah tanpa dipasang cerucuk

(Roeseno, 1991); dalam pemasangan cerucuk bambu yang digunakan dengan diameter 12 cm, panjang 4-5 m dengan jarak 40 cm mampu menaikkan daya dukung tanah yang semula 0,25 kg/cm² menjadi 50 kg/cm².

(Tjandrawibawa, 2000); melakukan penelitian pondasi cerucuk untuk meningkatkan daya dukung. Hasil percobaan menunjukkan adanya peningkatan daya dukung tanah sebesar 60 % oleh cerucuk miring, 37 % oleh cerucuk tegak dan 33 % bila dipakai kombinasi tegak miring.

(Suroso, 2008), semakin besar diameter cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung yang efektif pada tanah lempung lunak. Tetapi dari diameter 1 cm ke diameter 1,5 cm pada panjang cerucuk 20 cm memberikan peningkatan daya dukung yang paling efektif sebesar 57,5 %. Begitu pula pada variasi panjang, semakin panjang cerucuk memberikan peningkatan daya dukung yang efektif. Peningkatan paling efektif dari panjang cerucuk 18 cm ke panjang 20 cm pada diameter 0,5 cm dengan peningkatan daya dukung sebesar 62,1 %.

(Hermawan, 2014); melakukan analisis pada cerucuk kayu untuk mengetahui nilai faktor keamanan (FK) stabilitas pada dinding penahan tanah dan kelompok tiang pondasi cerucuk pada beberapa variasi muka air tanah, pengaruh variasi pada konfigurasi cerucuk kayu yaitu panjang tiang (L) dan jarak antar tiang (s) dimana stabilitas geser dan stabilitas daya dukung tanah bertambah. Penambahan panjang tiang memberikan kenaikan kapasitas dukung dan tahanan gaya lateral. Sedangkan penambahan jarak antar tiang (s) memberikan penurunan pada kapasitas dukung tiang.

Dari beberapa variasi konfigurasi cerucuk, konfigurasi 7L dengan spasi 2,5d dengan diameter 20 cm menghasilkan faktor keamanan yang optimum.

Mengingat medan rata, sehingga perhitungan hanya mengacu pada pembebanan secara vertikal saja dengan mengabaikan tekanan geser pada tanah. Secara teori dikenal dengan kuat tekan satu arah (uniaxial test), dimana tegangan axial yang diterapkan berangsur-angsur ditambah sampai mengalami keruntuhan. Pada saat keruntuhannya, karena $\sigma_3=0$, maka :

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = q_u$$

dengan q_u adalah kuat tekan bebas (unconfined compressive strength). Secara teoritis, $\Delta\sigma_f$ pada lempung seharusnya sama seperti yang diperoleh dari pengujian-pengujian triaksial unconsolidated-undrained lainnya. Jadi,

$S_u = C_u = q_u/2$... adalah kuat geser undrained dari tanahnya.

Berdasarkan hasil perhitungan, pengaruh penggunaan cerucuk terhadap nilai kuat tekan (q_u) tanah dasar, adalah sebagai berikut :

Tabel 9. Pengaruh Penggunaan Cerucuk Terhadap Nilai Kuat Tekan (q_u) Tanah Dasar

Variasi panjang (L) dan spasi (s) cerucuk	Rasio L/s	Kuat Tekan q_u (kg/cm ²)			Persentase Peningkatan q_u (%)			Kuat Tekan dng Cerucuk		
		Uji-1	Uji-2	Rata-rata	Uji-1	Uji-2	Rata-rata	(kg/cm ²)	ton/m ²	
L= 10 cm	s= 20	1.408	1.412	1.41	325.67	328.12	326.895	1.02972	10.297	
2 m	s= 15 cm	13.333	1.376	1.362	1.369	317.22	312.65	314.935	0.99205	9.920
	s= 20 cm	10	1.312	1.296	1.304	296.45	290.11	293.280	0.92383	9.238
	s= 25 cm	8	1.254	1.262	1.258	272.98	277.32	275.150	0.86672	8.667
	s= 30 cm	6.6667	1.072	1.106	1.089	251.66	256.12	253.890	0.79975	7.998
L= 20 cm	s= 25	1.618	1.642	1.63	340.25	348.32	344.285	1.08450	10.845	
2.5 m	s= 15 cm	16.667	1.576	1.612	1.594	329.42	334.65	332.035	1.04591	10.459
	s= 20 cm	12.5	1.502	1.486	1.494	316.15	310.51	313.330	0.98699	9.870
	s= 25 cm	10	1.424	1.442	1.433	302.18	307.82	305.000	0.96075	9.608
	s= 30 cm	8.3333	1.192	1.216	1.204	281.67	286.62	284.145	0.89506	8.951

Dari hasil perhitungan diatas, dengan panjang cerucuk 2,0 m dan spasi pemasangannya 30 cm, didapat kuat tekan q_u sebesar 7,998 ton/m² (hal ini > 4,173 ton/m²..... Ok.).

Dengan pemakaian cerucuk ini juga bisa mengurangi kedalaman galian pembuangan tanah antara 30-40 cm, tentu juga ketinggian timbunan akan berkurang dengan tinggi yang sama. Estimasi volume galian/buangan tanah adalah $0,7 \times 27.485 = 19.239,50$ m³, dan volume timbunan sebesar $(1,4 \times 60\% \times 27.485) + (1,25 \times 40\% \times 27.485) = 36.829,90$ m³.

Adapun keperluan pemakaian cerucuk disesuaikan dengan permukaan bawah pondasi bangunan, sebagai berikut :

Tabel 10. Keperluan Jumlah Cerucuk Setiap Unit Rumah

Lokasi dan spasi Cerucuk	Jumlah titik	n lokasi	n Cerucuk
P1 s = 30 cm	4 bh	4	16
P2 s = 30 cm	6 bh	4	24
P3 s = 30 cm	9 bh	1	9
PM s = 30 cm	14 bh	1	14
Ruang s = 60 cm	25 bh	3	75
Teras s = 60 cm	20 bh	2	40
Jumlah Cerucuk Dolken untuk setiap unit rumah (titik)			178

Total keperluan cerucuk untuk 192 unit bangunan adalah $192 \times 178 = 34.176$ titik. Untuk permukaan jalan, akan dipasang cerucuk dengan spasi 60 cm untuk seluruh badan jalan. Dari volume tersebut diatas, maka estimasi biaya pelaksanaan adalah :

Tabel 11. Estimasi Rencana Anggaran Biaya Pengolahan Tanah Hunian

No.	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	SAT.	HARGA SAT. (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	Pek. Pembuangan Tanah Galian	19,239.50	m3	85,841.00	1,651,537,919.50
2	Pek. Cerucuk Dolken, dia. Min. 10 cm, L=2m				
	a. Di Area Hunian	34,176.00	titik	44,147.00	1,508,767,872.00
	b. Di Area Jalan	8,244.00	titik	44,147.00	363,947,868.00
3	Pek. Penimbunan Tanah	36,829.90	m3	275,269.00	10,138,129,743.10
TOTAL BIAYA PENGOLAHAN TANAH					13,662,383,402.60

3. Geotextile

Timbunan di atas tanah lunak dapat mengakibatkan keruntuhan. Tanah timbunan umumnya lebih kaku dibandingkan tanah dasarnya. Tanah dasar akan berdeformasi akibat berat sendiri dan berat timbunan sehingga mengakibatkan timbunan di atasnya patah. Secara umum, penurunan pada tanah yang disebabkan oleh adanya pembebanan atau penambahan beban dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu penurunan konsolidasi dan penurunan seketika.

(Terzaghi, 1943) mengemukakan bahwa proses keluarnya air dalam rongga pori dan posisinya tidak tergantikan oleh udara dinamakan konsolidasi. Sedangkan penurunan seketika menurut (Janbu, 1956), adalah proses penurunan tanpa adanya perubahan volume.

Analisis sangat diperlukan dalam pekerjaan timbunan, karena tanah timbunan harus mempunyai stabilitas terhadap kelongsoran dan mampu menopang beban struktur, serta diharapkan tidak terjadi penurunan karena tanah timbunan yang mempunyai kekuatan dan stabilitas yang rendah serta rentan mengalami penurunan akan mengakibatkan kerusakan bangunan yang di atasnya. (Muhammad, 2015), mengatakan timbunan tanpa menggunakan perkuatan lebih rentan terhadap kelongsoran dan nilai safety factor (SF) dibawah standar yang diharapkan. Salah satu alternatif untuk menstabilkan timbunan adalah dengan menggunakan geotekstil.

Kondisi konsolidasi primer yaitu setelah tekanan air pori sama dengan nol, penurunan masih dapat terjadi sebagai akibat dari penyesuaian plastis butiran tanah. Tahap konsolidasi ini dinamakan konsolidasi sekunder (*Secondary Consolidation*). Tekanan air pori bersifat negatif pada awal terjadinya konsolidasi, ini dikarenakan adanya penambahan beban baik itu beban timbunannya sendiri maupun beban bangunan yang berada di atas timbunan tersebut (terjadinya penurunan segera). Selama terjadinya konsolidasi tekanan air pori berangsur-angsur menjadi positif (mendekati nol) ini dikarenakan butiran tanah yang sebelumnya terisi oleh air mengalami rekatan satu sama lain yang mengakibatkan terjadinya penurunan.

(Hardiyatmo, 2013), mengatakan geotekstil berfungsi sebagai pemisah antara timbunan dan tanah dasar, maka geotekstil dapat berfungsi sebagai penstabil timbunan, dengan adanya geotekstil integritas struktur timbunan lebih terjaga, sehingga beban timbunan disebarkan ke area yang lebih luas dan geotekstil dianggap dapat mengurangi tekanan ke tanah dibawahnya.

Perhitungan teknis dimulai dengan analisa beban (q total) timbunan. Beban yang ada adalah beban tanah timbunan (estimasi maks. 1,2 m), beban konstruksi dan beban lantai, sbb :

$$Q_{\text{total}} = (1,2 \times 1,8) + (14,231/36) + ((6 \times 8 \times 0,07) \times 2,2/48) = 2,709 \text{ ton/m}^2.$$

Penurunan Tanah, dengan asumsi konsolidasi normal (Normally Consolidated Soil):

$$S_c = \left[\frac{C_s}{1+e_0} \log \frac{P'_o + \Delta P}{P'_c} \right] \times H_i$$

[

Dimana :

S_c : Pemampatan Konsolidasi pada lapisan tanah C_s : Indeks Kompresi dari lapisan

H_i : Tebal Lapisan

e_0 : Angka pori

P'_o : Tegangan overburden efektif P'_c : Tegangan prakonsolidasi efektif

ΔP : Penambahan beban vertikal pada timbunan

$\Delta P = I \times q$, dimana q : Tegangan vertikal efektif di permukaan

I : Faktor pengaruh (dari grafik)

Dengan $C_s = 85,18\%$; $H_i = 1,2 \text{ m}$; $e_0 = 0,540$; $P'_o = 0,926 \text{ kg/cm}^2$, $P'_c = 0,315 \text{ kg/cm}^2$, maka didapatkan besar penurunan tanah dasar akibat timbunan dengan asumsi konsolidasi normal sebesar $0,074 \text{ m}$ atau $7,4 \text{ cm}$.

Stabilitas gaya dalam, menggunakan *Geotextile Non-Woven* sebagai berikut ;

Nilai Tegangan Izin (T.allow) ;

-

$$T_{\text{allow}} = T_{\text{ultimate}} \left[\frac{1}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \right]$$

Dimana : T.allow : Tegangan geotekstil yang tersedia.

T.ult : kuat ultimate geotekstil (2,65 t/m untuk GL-600P)

FS.id : Faktor keamanan dampak kerusakan pada saat pemasangan (1,2) FS.cr : Faktor keamanan dampak dari rangkai (2,0)

FS.cd : Faktor keamanan dampak dari pengaruh bahan kimia (1,2) FS.bd : Faktor keamanan dampak pengaruh biologi di dalam tanah (1,1)

$$T_{\text{allow}} = 2,65 / (1,20 \times 2,00 \times 1,20 \times 1,10)$$

$$= 0,764 \text{ t/m} = 7,64 \text{ kN/m}.$$

Gaya Lateral yang bekerja ; $P = K_a \times \gamma \times Z \times 75\%$

Dimana :

P : Tekanan tanah lateral (t/m²)

K_a : Koefisien dari tekanan tanah lateral ($\tan(45-30/2)$) = 0,333 γ : Berat Jenis Tanah (t/m³)

Z : Kedalaman permukaan tanah (m)

$$\text{Maka, } P = 0,333 \times 1,7 \times 1,20 \times 75\%$$

$$= 0,509 \text{ ton/m}^2$$

Stabilitas gaya luar, menggunakan geotekstil non-woven sebagai berikut ;

- Tekanan Tanah Aktif ;

$$\begin{aligned} Pa &= K_a \times \gamma_t \times H_i^2 \times 0,50 \\ &= 0,333 \times 1,7 \times 1,2^2 \times 0,50 \\ &= 0,408 \text{ ton/m}^2. \end{aligned}$$

- Momen Geser:

$$\begin{aligned} SF_{\text{geser}} &= \frac{c \times L \times Q \tan \delta}{Pa} > 1,5 \\ Q &= L \times H \times \gamma_t \\ SF_{\text{geser}} &= \frac{c \times L \times (L \times H \times \gamma_t) \tan \delta}{Pa} \end{aligned}$$

Dimana :
 c = Kohesi tanah dengan geotekstil.
 L = Panjang geotekstil yang tertanam (m)
 (0,8)
 Q = Gaya karena beban tanah sendiri (N)
 δ = Sudut geser antara tanah dengan geotekstil
 H = Tinggi timbunan (m)
 γ_t = Berat isi tanah (t/m³)

$$\begin{aligned} \text{Maka, SF geser} &= (2 \times 0,8 \times (0,8 \times 1,2 \times 1,7) \tan 2) / 0,408 \\ &= 2,235 > 1,5 \dots\dots\dots \text{Ok.} \end{aligned}$$

- Momen Guling ;

$$\begin{aligned} SF_{\text{geser}} &= \frac{Q \times ar}{Pa \times ad} > 2 \\ Q &= L \times H \times \gamma \\ ar &= 0,5 \times L \\ ad &= 1/3 \times H \\ SF_{\text{geser}} &= \frac{(L \times H \times \gamma) \times 0,5 \times L}{Pa \times (\frac{1}{3} \times H)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, SF guling} &= ((0,8 \times 1,2 \times 1,7) \times 0,5 \times 0,8) / (0,408 \times (1/3 \times 1,2)) \\ &= 4,0 > 2,0 \dots\dots\dots \text{Ok.} \end{aligned}$$

- Daya Dukung Tanah ;

$$SF_{\text{geser}} = \frac{Q_{\text{ult}}}{q} > 1,3$$

$$q = H \times \gamma$$

$$q_{\text{Ultimate}} = (C \times N_c) + (q \times N_q) + (0,5 \times \gamma \times L \times N_\gamma)$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } q_{\text{ultimate}} &= (2 \times 6) + (4,173 \times 1.12) + (0,5 \times 1,7 \times 0,8 \times 0) \\ &= 16,674 \text{ ton/m}^2 \text{ (hal ini } > 4,173 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots \text{Ok.)}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SF daya dukung} &= 16,674 / 4,173 \\ &= 3,996 > 1,3 \dots\dots\dots \text{Ok.} \end{aligned}$$

Timbunan tanah setebal 1,20 m dengan pemadatan di atas lapisan tanah asli dan *Geotextile Non-Woven* kelas-1, dengan kuat tarik (T_{ultimate}) 23,70 kN/m, tebal 4 mm, dapat dilakukan.

Dari perhitungan tersebut diatas, maka estimasi biaya pelaksanaan adalah :

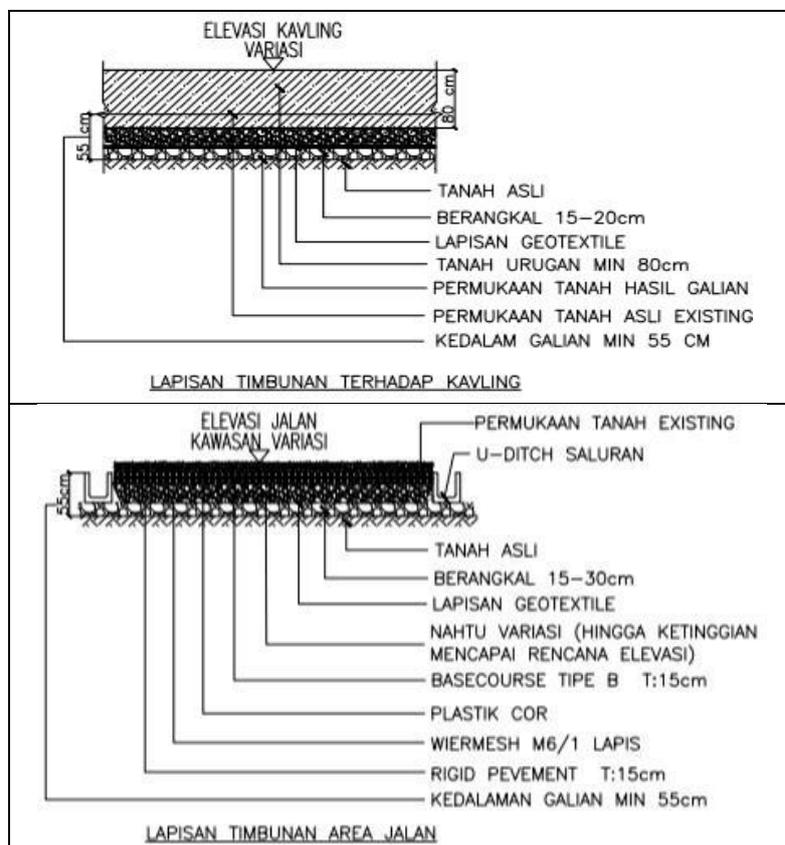
Tabel 12. Estimasi Rencana Biaya Pengolahan Tanah Hunian

No.	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	SAT.	HARGA SAT. (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	Pek. Pembuangan Tanah Galian	15,116.75	m3	85,841.00	1,297,636,936.75
2	Pek. Pemasangan Lapisan Geotekstil	23,662.36	m2	31,957.00	756,178,038.52
3	Pek. Penimbunan Tanah	32,982.00	m3	275,269.00	9,078,922,158.00
TOTAL BIAYA PENGOLAHAN TANAH					11,132,737,133.27

5. KESIMPULAN

Muka air tanah didapatkan dari hasil sondir dengan rata-rata 1 m dengan daya dukung ijin rata-rata untuk seluruh lokasi adalah antara 3,15 – 4,80 ton/m². Untuk perencanaan mengatas tanah existing ini, maka diambil kondisi tanah yang paling jelek kondisinya, yaitu daya dukung ijin 3,15 ton/m². Daya dukung ini termasuk pada klasifikasi tanah lunak. *Replacement* dapat dilakukan di kedalaman 1m.

Berdasarkan perhitungan teknis dari berbagai penanganan tanah existing, alternatif penanganan dengan mengganti tanah dengan timbunan, timbunan dengan tambahan cerucuk, maupun timbunandengan bantuan geotekstil, seluruhnya bisa di aplikasikan. Namun sebagai percepatan pekerjaan, maka penanganan harus ditentukan secepatnya, sehingga harus dipilih cara penanganan yang tepat dan efisien. Dengan perbandingan Harga Pelaksanaan seperti diatas, maka alternatif ke-3 dengan pembuangan tanah sedalam 0,55 m dan penimbunan setinggi 1,20 m untuk percepatan pekerjaan yang semula diestimasikan 60 hari menjadi 30 hari, dengan bantuan penggunaan geotekstil non-woven class-1, dengan $T_{ultimate}$ 23,70 kN/m, dan tebal 4 mm, akan digunakan. Prinsip galian tanah, penimbunan tanah, dan pemasangan geotekstil, adalah sbb :



Gambar 4. Prinsip galian tanah, penimbunan tanah, dan pemasangan geotekstil

REFERENCES

- Arif Ramdhani dkk** PENGARUH PENGGUNAAN CERUCUK DENGAN PEMASANGAN SECARA HORIZONTAL TERHADAP KUAT TEKANTANAH LEMPUNG LUNAK [Journal] // Spektrum Sipil. - 2019. - pp. 126-134.
- Badan Standardisasi Nasional** Persyaratan Perancangan Geoteknik [Journal] // SNI 8460: 2017. - 2017.
- Buana Febrian Sapta** Febrian Sapta Buana [Journal] // JURNAL KACAPURI . - 2021. - pp. 66-79.
- Budhu Muni** Soil Mechanics and Foundation. 3rd Edition [Journal] // New Jersey: John Wiley & Sons,. - 2011. - p. 3rd Edition.
- Departemen Pekerjaan Umum** Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Perencanaan Dan Pelaksanaan Perkuatan [Journal] // ASTM D4439. - 2019.
- Hardiyatmo H.C.** Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya : Perancangan dan Aplikasinya [Journal]. - Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, 2013. - Vol. 2.
- Hermawan R., Surjandari, N., dan Saad, S** Analisis Perkuatan Tanah Dasar Pada Tanggul Sungai Gajah Putih Surakarta dengan Cerucuk Kayu [Journal]. - e-Jurnal Matriks : e-Jurnal Matriks, 2014. - Vol. 2.
- Janbu N., et al** Veiledning Ved Losning av Fundamenteringsoppgaver [Journal]. - Norwegian : Norwegian Geotechnical Institute, 1956.
- Krisantos Ria Bela Paulus Sianto** PENYELIDIKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE UJI SONDIR [Journal] // Eternitas Jurnal Teknik Sipil. - 2022. - pp. 50-58.
- Muhammad Suryadi** Analisis Stabilitas Pada Tanah Timbunan Dengan Perkuatan Geotextile dikombinasikan dengan Dinding Penahan Tanah di Ruas Tol Cisumdawu [Journal]. - Bandung : Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, 2015. - Hal 133-148 : Vol. 20.
- Roeseno** Penggunaan Cerucuk Bambu pada Tanah Lunak [Journal] // UGM Press. - 1991.
- Suroso Harimurti dan Harsono, M** Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak [Journal] // Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 2, No. 1 –. - 2008.
- Suroso Harimurti dan Harsono, M** Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay), Menggunakan Cerucuk dengan Variasi Panjang dan Dimensi Cerucuk [Journal] // Jurnal Rekayasa Sipil. - 2008.
- Terzaghi K.** Theoretical Soil Mechanics. John Wiley and Sons [Journal]. - New York : [s.n.], 1943.
- Tjandrawibawa S., Efendy, J., dan Gunawan** Peningkatan Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Menggunakan Cerucuk [Journal] // Dimensi Teknik Sipil. - 2000. - pp. 92-95.

BIOGRAPHIES OF AUTHORS



Rizqi Choirul Wahdana 23-875 Calon Pegawai Organik (CPO) PT. Brantas Abipraya Kelahiran di Lumajang, 26 Mei 1999. Lulusan S1 Teknik Sipil Universitas Jember dengan masa penyelesaian Sarjana 3,5 Tahun atau 7 Semester dengan IPK 3,58 yang sekarang menjadi staf Operasi di Proyek Pembangunan Hunian Tetap Pasca Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Cianjur Tahap-3.
 email: rizqidana99@gmail.com
 Wa : 082233719628
 Ig : @danasuksess