

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian menggunakan perkuatan pelat dengan tiang telah dilakukan studi model laboratorium dan analitis oleh Loahardjo dkk., (2013); Kalantari, (2012); Puri dkk., (2014); Puri dkk., (2011); Diana dkk., (2017); Puri, (2015); Puri dan Mildawati, (2019).

Loahardjo dkk., (2013) melakukan penelitian dengan membahas seberapa besarnya perubahan daya dukung friksi tiang pada saat mengalami perubahan kadar air, pengistirahatan setelah pemancangan, serta jenis material tiang yang digunakan. Hasil penelitian ini bahwa kadar air mampu mempengaruhi kuat geser tanah sebesar 52%. Semakin kecil nilai kadar air maka semakin tinggi nilai friksinya.

Kalantari, (2012) melakukan studi evaluasi potensi pengembangan untuk menentukan jenis desain fondasi yang tepat pada tanah ekspansif dengan mempertimbangkan kembang susut tanah tersebut.

Puri dkk., (2014) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mempelajari perilaku sistem pelat terpaku akibat beban. Sistem pelat terpaku dimodelkan di atas tanah lunak berukuran 6m x 3,54 m. Pelat yang digunakan memiliki tebal 0,15 meter dengan tiang berdiameter 0,15 meter berjumlah 15 tiang. Tiang dipancang hingga kedalaman 1,2 m dan 1,5 m. Hasil uji setelah diberi beban maksimum untuk respon pelat diperkuat dengan tiang menunjukkan hasil yang diharapkan. Setelah diberi beban maksimum, beban diturunkan kembali (*unloading*) hingga kembali 0. Rata-rata penurunan kembali ke 0 semua bahwa pelat telah kembali ke bentuk semula. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat tersebut bekerja dengan baik.

Puri dkk., (2011) melakukan studi eksperimental lendutan pelat yang diperkuat tiang-tiang friksi pendek pada lempung lunak. Penelitian ini mempelajari perilaku pelat terpaku sebagai alternatif perkuatan sistem perkerasan kaku pada tanah lunak dengan menggunakan tiang-tiang friksi yang pendek. Hasil pengamatan dari dua kondisi pembebanan terlihat bahwa pelat yang diperkuat

dengan sistem pelat terpaku menggunakan tiang friksi pendek akan lebih kaku dibanding pelat saja. Kontribusi yang ditimbulkan dari tiang-tiang friksi yang pendek menyebabkan kekakuan pelat semakin bertambah. Hasil pengamatan perilaku lendutan pelat terpaku lebih kecil daripada lendutan pelat pada beban yang sama. Sistem pelat terpaku menggunakan satu baris tiang mampu mereduksi hingga 41,67 % defleksi maksimum, dan hingga 75% untuk 3 baris tiang. Bagian ujung pelat terpaku tidak mengalami defleksi dikarenakan adanya tiang-tiang yang akan melawan gaya pengangkatan oleh pelat, dan sebaliknya jika hanya pelat saja.

Diana dkk., (2017) pengujian yang dilakukan ialah membandingkan regangan vertikal tanah akibat pengembangan. Variasi tiang yang dipakai merupakan tiang monolit dengan pelat dan tiang terpisah dengan pelat. Uji laboratorium dikembangkan untuk mensimulasikan kondisi lapangan yang sebenarnya. Box benda uji terbuat dari rangka baja dan dinding terbuat dari *fiberglass* dengan dimensi $1,25 \times 1,25 \times 1,25$ m. Hasil pengamatan pengembangan menunjukkan bahwa sistem pelat terpaku mampu mengurangi pengembangan dan mampu mereduksi nilai penurunan sebesar 30%.

Puri (2015) melakukan pengujian perbandingan sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) dan sistem pelat terpaku. Sistem pelat terpaku menggunakan data dari CAM Waru (Waru, Jawa Timur) dengan membandingkan hasil analisis berupa deformasi. CAM Waru dimodelkan berperilaku linier elastis dan tiang beton dimodelkan sebagai elemen solid. Pembebanan diletakan pada pusat pelat (sentris) , dengan beban dari 0 kN – 40 kN. Hasil analisis 3D diperoleh lendutan sebesar 0,68 mm yang relative sama dengan pengamatan. Adapun hasil lendutan untuk sistem pelat terpaku 4x4 tiang sebesar 0,54 mm dan lebih rendah 18,70% dibandingkan dengan pengamatan CAM. Tiang tersebut meningkatkan kekakuan pelat dan mereduksi lendutan sehingga lendutan akan berkurang. Pengaruh panjang dan jarak tiang menghasilkan lendutan yang semakin kecil, hal ini berlaku pada kedua macam pembebanan (pusat dan tepi).

Puri dan Mildawati, (2019) melakukan penelitian dengan simulasi analisis lendutan pelat terpaku menggunakan *software* metode elemen hingga Plaxis 3D. Penelitian tersebut menggunakan data sekunder yang bersumber pada Puri

(2015a). Bak benda uji berukuran 7,00 m x 3,54 m x 2,50 m. tiang yang digunakan berdiameter 0,2 m dan panjang 1,50 m, diantara pelat dan tiang diberikan pelat penebalan setebal 0,20 m. Pemodelan analisis elemen hingga 3D pada Plaxis. Hasil pengujian variasi diameter tiang memperlihatkan pengaruh bahwa semakin besar diameter maka lendutan semakin berkurang. Variasi panjang tiang bahwa semakin panjang tiang maka lendutan semakin berkurang, sehingga kemampuan tersebut memikul beban menjadi bertambah dan lendutan berkurang.

Yuliet dkk., (2011) melakukan pengujian potensi pengembangan berupa aktivitas pengembangan, tekanan pengembangan, dan persentase pengembangan. Percobaan di laboratorium dilakukan dengan metode uji pengembangan bebas (*free swelling test*) dengan menggunakan 4 sampel tanah. Hasil penelitian ini merupakan tanah lempung ekspansif memiliki potensi pengembangan yang tinggi dan didapat tekanan pengembangan sebesar 62,2 kPa.

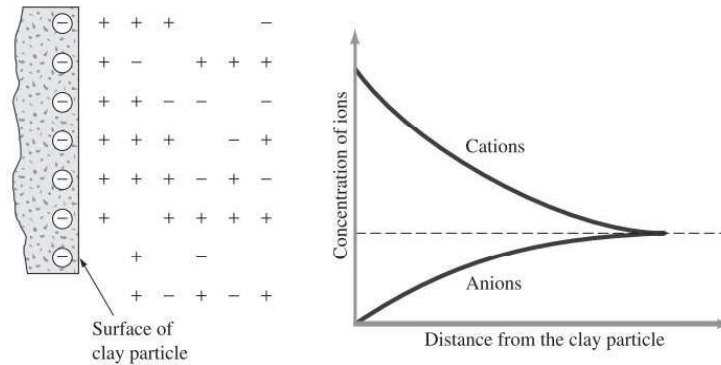
Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan terdapat perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu dimensi pelat dan panjang tiang, meninjau dua kondisi tanah (keras dan lunak), meninjau deformasi pelat akibat pembebanan dan pengembangan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1 Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah residual yang telah mengalami pelapukan dan terbentuk dari batuan sedimen. Tanah lempung ekspansif banyak dijumpai di Indonesia, seperti di daerah Jawa Barat, Jawa Tengah, dan disekitar Pantai Utara Jawa (Wardani dan Muntohar, 2018). Tanah ekspansif (*expansive soil*) suatu tanah yang memiliki potensi pengembangan dan penyusutan yang besar oleh perubahan kadar air. Tanah ini akan mengalami pengembangan pada musim hujan dan penyusutan pada musim kemarau. Menurut Nelson dkk., (2015) mekanisme pengembangan pada tanah ekspansif terjadi karena adanya *Diffuse Double Layer* (DDL). DDL ialah permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif dan konsentrasi ion positif dalam larutan dekat partikel. DDL bertumpuk diantara partikel lempung akan terjadi gaya tolak interpartikel disebut tekanan pengembangan. Menurut Das, (2016) ketika air ditambahkan ke tanah ekspansif,

kation-kation dan anion-anion akan mengapung disekitar tanah ekspansif. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *Diffuse Double Layer* (Das, 2016)

Lempung yang memiliki kadar air awal (alami) kurang dari 15% dikategorikan mempunyai potensi pengembangan (*swell potential*) sangat tinggi dan pada kondisi itu, lempung akan mudah menyerap air hingga 35% (Wardani dan Muntohar, 2018). Hampir semua mineral yang terkandung adalah mineral kristalin yang berbentuk lembaran-lembaran serta memiliki kemampuan dalam mengembangkan kohesi dan plastisitas. Mineral-mineral lempung aktif, seperti *montmorillonite* dan campuran *montmorillonite* dengan mineral-mineral lempung yang lainnya. *Montmorillonite* merupakan salah satu mineral lempung yang paling banyak menimbulkan masalah, salah satunya memiliki potensi pengembangan yang tinggi (Hardiyatmo, 2017b). Penelitian yang dilakukan oleh Hatmoko dan Luile (2007) hubungan antara *montmorillonite* dengan pengembangan dan batas-batas *atterberg*, semakin banyak kandungan mineral *montmorillonite* di dalam tanah maka potensi terjadinya pengembangan semakin besar. Jika kandungan *montmorillonite* semakin banyak maka batas cair dan batas plastisnya tinggi, sedangkan untuk batas susutnya akan semakin rendah. Wardani & Muntohar (2018) untuk derajat pengembangan tanah ekspansif berdasarkan indeks plastisitas seperti yang terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Derajat pengembangan tanah ekspansif berdasarkan indeks plastisitas
(Wardani dan Muntohar, 2018).

| Derajat Pengembangan | Indeks Plastisitas |
|------------------------------------|--------------------|
| Sangat tinggi (<i>Very high</i>) | > 55 |
| Tinggi (<i>High</i>) | 20 – 55 |
| Sedang (<i>Medium</i>) | 10 – 35 |
| Rendah (<i>Low</i>) | 0 – 5 |

Identifikasi jenis kandungan mineral lempung dapat dilakukan dengan cara, menghitung nilai aktifitas (A). Menurut Skempton, (1953) perhitungan nilai aktifitas (A) sebagaimana dituliskan pada persamaan (2.1).

$$A = \frac{PI}{(C-10)} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan,

PI = indeks plastisitas,

C = persen fraksi ukuran lempung.

Nilai-nilai aktifitasnya dan beberapa macam partikel mineral lempung ditunjukkan dalam Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Aktivitas mineral lempung (Skempton, 1953)

| Mineral | Aktifitas (A) |
|--------------------------------|---------------|
| <i>Quartz</i> | 0 |
| <i>Calcite</i> | 0,18 |
| <i>Mica (muscovite)</i> | 0,23 |
| <i>Kaolinite</i> | 0,33 – 0,46 |
| <i>Illite</i> | 0,90 |
| C_a - <i>montmorillonite</i> | 1,5 |
| N_a - <i>montmorillonite</i> | 7,2 |

2.2.2 Koefisien Reaksi Tanah Dasar

Bowles (1997) menyatakan bahwa koefisien reaksi *subgrade* merupakan hubungan konseptual antara tekanan dan lendutan. Persamaan dasar 2.2 menghitung nilai tersebut adalah sebagai berikut:

$$K_v = \frac{p}{\delta} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan,

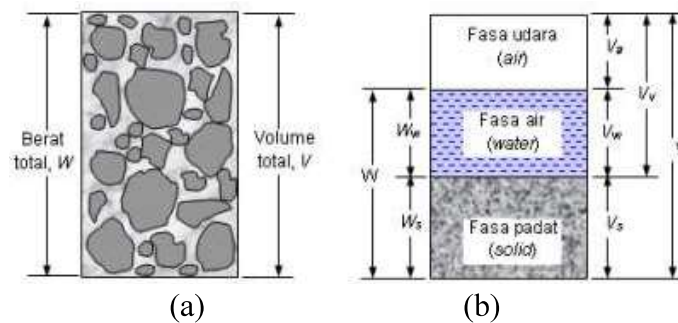
K_v = koefisien reaksi *subgrade* (kN/m³),

p = tekanan (kN/m^2),

δ = lendutan pelat (m).

2.2.3 Derajat Kejenuhan (Sr)

Tanah tersusun dari butiran tanah atau partikel lainnya dan rongga-rongga atau pori di antara partikel butiran tanah. rongga akan terisi sebagian atau seluruhnya dengan zat cair atau zat lainnya. Volume yang ditempati oleh bagian tanah pada umumnya tersusun yaitu tanah padat, air, dan udara yang selanjutnya dikenal sebagai sistem tiga fase tanah (Muntohar, 2014). Susunan fase tersebut seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Susunan tanah (a) elemen tanah di alam, (b) tiga fase penyusun tanah

Menurut Muntohar (2014), derajat kejenuhan (S) didefinisikan sebagai perbandingan volume air dan volume pori yang umumnya dinyatakan dalam prosentase (%). Seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.3.

$$S = \frac{V_w}{V_v} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan,

S = derajat kejenuhan (%),

V_v = volume pori (m^3),

V_w = volume air yang mengisi pori (m^3).