

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Bangunan dan infrastruktur yang berada di tanah lempung ekspansif dapat mengalami bahaya, seperti di Arab Saudi yang terletak di tanah ekspansif yang sangat kering sering terkena dampak banjir oleh drainase rumah tangga atau curah hujan dan badai (Dafalla dkk., 2017). Menurut Hardiyatmo (2016), perkerasan jalan mengalami kerusakan oleh beban kendaraan lebih besar dibandingkan dengan rencana awal, volume kendaraan (terutama untuk kendaraan berat) lebih tinggi dibandingkan dengan rencana awal, perkerasan yang terlalu tipis, bahan pembentukan perkerasan yang tidak memenuhi syarat, pelaksanaan saat pembangunan yang sangat buruk dan drainasi yang buruk, sehingga perkerasan sering tergenang oleh air. Alternatif solusi untuk perkerasan jalan yang tahan terhadap pengaruh air dan beban berlebihan adalah perkerasan jalan dengan menggunakan Sistem Cakar Ayam Modifikasi dan Sistem Pelat Terpaku.

Sistem Pelat Terpaku dan Sistem Cakar Ayam bila digunakan pada tanah dasar lempung ekspansif, dapat memberikan ketahanan jangka panjang dan menjaga kerataan permukaan perkerasan terhadap pengaruh kembang-susut tanah. Sistem Cakar Ayam Modifikasi terdiri dari pelat beton dengan tebal 12-20 cm dan cakar (pipa) berdiameter 0,8-1,2 m, panjang 1,2-2 m yang berfungsi sebagai “paku” menjaga pelat agar selalu dalam kontak dengan tanah. Perancangan Sistem Cakar Ayam sebagai perkerasan kaku, diperlukan nilai lendutan, moment, dan gaya lintang yang dapat di analisis dengan analisis elemen hingga (Hardiyatmo, 2010). Sistem Pelat Terpaku menggunakan perkerasan beton bertulang (tebal antara 12-20 cm) yang didukung oleh tiang -tiang beton mini (panjang 150 – 200 cm dan diameter 15 – 20 cm) (Hardiyatmo, 2008).

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang mudah mengalami kembang susut tinggi karena pengaruh perubahan kadar air. Volume pada tanah ekspansif yang mengalami pengembangan pada kondisi basah dan menyusut pada kondisi kering akan mengakibatkan bangunan cepat mengalami kerusakan, baik oleh pergeseran maupun kenaikan konstruksi bangunan. Kondisi ini menyebabkan

bangunan akan rusak sebelum mencapai umur rencana sehingga membutuhkan biaya pemeliharaan tambahan (Wijanarko dkk,2018). Tanah yang mudah berubah volumenya mengandung mineral *montmorillonite*. Menurut Hardiyatmo (2017), *montmorillonite* merupakan mineral yang dibentuk oleh dua lembar silika dan satu lembar aluminium oktahedra (*gibbsite*).

Metode yang digunakan untuk menganalisis lendutan yang terjadi pada sistem pelat terpaku di tanah lempung ekspansif dapat menggunakan metode elemen hingga Plaxis 3D (Puri dan Mildawati,2019). Hasil dari analisis tersebut berupa nilai lendutan, semakin besar panjang tiang maka lendutan semakin berkurang. Karena peningkatan panjang tiang dapat meningkatkan kuat dukung sistem dalam memikul beban, sehingga lendutan pada pelat menjadi berkurang.

2.2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian – penelitian terdahulu tentang perilaku pada Sistem Pelat Terpaku telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya yaitu Puri dan Mildawati,(2019) menganalisis bahwa sistem pelat terpaku dapat menghasilkan suatu sistem komposit yang diperoleh melalui interaksi tanah dengan struktur dari komponen pelat beton bertulang, tiang, dan tanah diantara tiang.

Hardiyatmo (2011) menganalisis lendutan disepanjang pelat dengan metode Sistem Pelat Terpaku dengan cara uji pembebanan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa lendutan tanpa tiang lebih besar dibandingkan dengan pelat yang diperkuat dengan tiang, baik untuk beban statis maupun dinamis.

Puri dan Mildawati (2019) menganalisis terhadap variasi dimensi diameter dan panjang tiang, serta variasi tebal pelat menggunakan metode elemen hingga Plaxis 3D dengan menunjukkan bahwa semakin besar diameter dan panjang tiang maka lendutan semakin berkurang, karena peningkatan diameter dan panjang tiang dapat meningkatkan kuat dukung sistem pelat terpaku dalam memikul beban, sehingga lendutan pelat menjadi berkurang.

Puri dkk. (2011) menganalisis pelat yang diperkuat oleh tiang – tiang friksi yang pendek dengan menggunakan metode uji skala model. Hasil analisis menunjukkan bahwa kekakuannya meningkat seiring penambahan jumlah baris tiang dan lebih kaku dibandingkan dengan pelat tanpa tiang. Sistem pelat terpaku

menunjukkan perilaku pelat tetap kontak dengan tanah (tidak terjadi *displacement* negatif yang signifikan) sehingga keawetan pelat diharapkan menjadi lebih terjaga.

Xiao dkk. (2011) mensimulasikan perilaku interaksi tiang dengan tanah lempung ekspansif. Hasilnya untuk meningkatkan panjang tiang dapat mengurangi pemindahan tiang, tetapi jika terlalu panjang, perpindahan menjadi kurang sensitif terhadap panjang tiang. Peningkatan panjang tiang akan menyebabkan tegangan tarik yang lebih besar yang mendistribusi di sepanjang tiang. Metode yang digunakan pengamatan secara *in situ* dan model *pile test*.

Khodair (2014) menganalisis model interaksi tanah menggunakan *finite difference* (FD) untuk tiang tunggal tertanam di tanah lempung dibawah *displacement* 2 cm dengan menggunakan metode elemen hingga (FE) model interaksi tiang-tanah yang telah dikembangkan menggunakan Abaqus dan SAP2000. Hasil analisis *finite difference* (FD) dan *finite element* (FE) menunjukkan bahwa perbedaan besarnya momen lentur dan *displacement* berkurang dengan meningkatnya tanah lempung yang mengelilingi tiang.

Loardharjo dkk. (2013) meneliti uji kuat geser tanah dan pembebanan tiang. Metode yang digunakan adalah variabel perbedaan kadar air, waktu dan jenis tiang. Hasil dari penelitian menunjukkan nilai kadar air mempengaruhi kuat geser tanah sampel, kuat geser tanah meningkat jika kadar air menurun sebaliknya kuat geser menurun jika kadar air meningkat.

Diana (2017) menganalisis pengaruh perkuatan tiang dengan kinerja dari sistem pelat terpaku pada tanah lempung ekspansif. Metode yang digunakan adalah pemodelan eksperimental skala kecil di laboratorium. Prediksi heave juga dilakukan dengan menggunakan korelasi antara perubahan kadar air dan regangan vertikal dari data tes oedometer. Hasil dari analisis menunjukkan bahwa adanya tiang dapat mereduksi kenaikan antara pelat dan tanah-dasar.

Menurut Nelson dkk. (2015), mekanisme pengembangan tanah ekspansif yaitu pada permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif dan konsentrasi ion positif dalam larutan dekat partikel disebut *Diffuse double layer* (DDL).

Sorochan (1991) melakukan penelitian lapangan terhadap pondasi tiang pada tanah ekspansif. Metode yang digunakan adalah variasi panjang tiang dengan menganalisa kapasitas dukung tiang terhadap perubahan kadar air. Hasil dari

penelitian menunjukkan bahwa kapasitas dukung tiang berkurang karena pengembangan tanah. Pengembangan tanah menyebabkan gaya angkat ke atas yang melebihi tahanan permukaan lateral pada tiang.

Mohamedzein (2006) menganalisis menggunakan metode elemen hingga. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan tarik maksimum terletak pada bagian tengah panjang tiang untuk tiang tanpa beban eksternal, sedangkan pada tiang dengan beban luar, tegangan tarik maksimum terletak pada $2/3$ panjang tiang yang berada dalam zona aktif.

Yuliet dkk. (2011) melakukan penelitian 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 diperoleh tekanan pengembangan sebesar 62,2 kPa.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Tanah Lempung *Ekspansif*

Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang mudah mengalami kembang-susut (Hardiyatmo, 2017). Ketika kadar air pada tanah lempung ekspansif berkurang maka akan terjadi penyusutan, dan akan mengembang jika kadar air tanah lempung ekspansif bertambah. Karena perubahan kadar air yang tidak merata, akibatnya ketika terjadi kenaikan pada tanah lempung ekspansif, permukaan perkerasan yang ada di atasnya akan menjadi bergelombang tidak beraturan, struktur perkerasan yang retak, sehingga tingkat pelayanan jalan menjadi berkurang (Hardiyatmo, 2017).

Menurut Wardani & Muntohar (2018), tanah lempung yang memiliki kadar air awal kurang dari 15% mempunyai potensi pengembangan yang sangat tinggi, akibatnya lempung akan mudah menyerap air hingga 35%. Material lempung ekspansif berasal dari pelapukan, perubahan diagenetik dari mineral yang ada sebelumnya dan perubahan hidrotermal (Snethen, 1975). Menurut Keller (1962), *montmorillonite* merupakan salah satu contoh utama yang terbentuk dari pelapukan

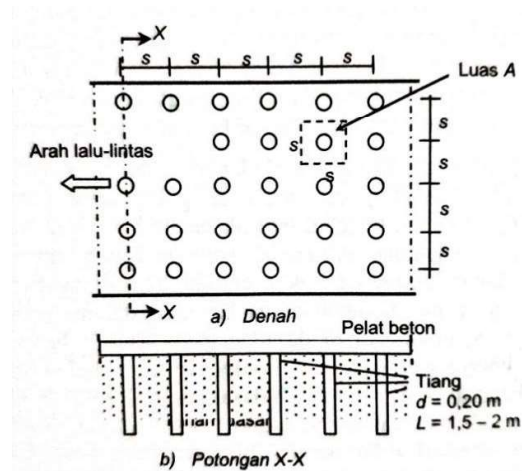
abu vulkanik atau mineral silika utama, seperti *feldspars* dan *pyroxenes*, serta perubahan diagenetik.

2.2.2. Faktor yang Mempengaruhi terjadinya Pengembangan Tanah

Menurut Hardiyatmo (2014), pengembangan terjadi akibat perubahan sistem air tanah yang mengganggu keseimbangan tegangan internal. Salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya pengembangan pada tanah lempung ekspansif yaitu persentase banyaknya *montmorillonite* yang terkandung didalam tanah. *Montmorillonite* murni dapat mengembang 10 sampai 15 kali dari volume awalnya. Pada tanah asli, faktor yang mempengaruhi pengembangan yaitu kadar air awal dan tekanan yang bekerja.

2.2.3. Sistem Pelat Terpaku

Hardiyatmo (2008) telah mengusulkan penyelesaian masalah untuk kerusakan perkerasan jalan akibat tanah lunak atau tanah ekspansif menggunakan perkerasan beton sistem pelat terpaku (*Nailed Slab System*). Sistem ini menggunakan perkerasan beton bertulang (tebal antara 12-20 cm) yang didukung oleh tiang-tiang beton mini (panjang 150 – 200 cm dan diameter 15 – 20 cm). Tiang-tiang dan pelat dihubungkan secara monolit untuk menciptakan suatu perkerasan yang kaku dan tahan terhadap deformasi tanah-dasar. Sistem pelat terpaku ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sistem Pelat Terpaku (Hardiyatmo, 2017).

Sistem pelat terpaku cocok digunakan untuk perkerasan yang mendukung beban lalu lintas berat, tanah dasar berdaya dukung tinggi dan mengalami kembang susut, Interaksi antara tanah-tiang-pelat membuat pelat menjadi lebih kaku, sehingga mengurangi terjadinya penurunan permukaan perkerasan.

Fungsi tiang – tiang pada Sistem Pelat Terpaku yaitu untuk menaikkan daya dukung tanah-dasar dan menjaga agar pelat beton dapat tetap dalam kontak yang baik dengan lapisan bawah pondasi atau tanah dasar dibawahnya, sehingga timbulnya rongga dibawah pelat yang mengurangii kekuatan struktur perkerasan dapat diminimumkan, dan kekuatan jangka panjangnya lebih terjamin (Hardiyatmo, 2017).