

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Gambut

Tanah gambut adalah sisa-sisa tumbuhan mati yang terdapat di rawa-rawa membentuk lumpur coklat hitam, mengalami proses anaerobik terjadi pembusukan (dekomposisi) (Ruslan, 1981). Tanah gambut adalah campuran heterogen zat organik yang tertimbun dalam kondisi jenuh air, warnanya dari kuning sampai coklat tua, tergantung tingkat pembusukannya. Tanah Gambut adalah tanah yang mempunyai kandungan organik yang cukup tinggi dan pada umumnya terjadi dari campuran fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang telah menjadi fosil.

Sesuai literatur menunjukkan bahwa tanah gambut telah terkumpul secara komulatif sejak 20.000 tahun yang lalu (Hobbs, 1986). Tanah gambut merupakan tipe tanah yang terdiri sebagian besar material organik, hal ini yang menyebabkan tanah gambut tersebar hampir di seluruh dunia, dengan bermacam-macam variasi jenis gambut. Perbedaan jenis gambut disebabkan oleh perbedaan iklim, jenis tanah dan tumbuh-tumbuhan.

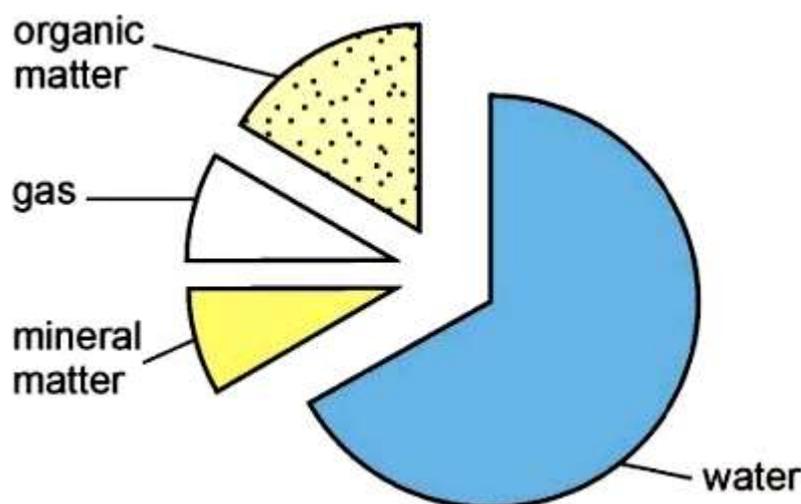
Tanah gambut terbentuk karena terdapat ketidakseimbangan akumulasi dan decomposition material organik. Pada suatu daerah, dimana kecepatan pengendapan melebihi kecepatan pembusukan, maka daerah tersebut kelebihan material organik. Kekurangan proses pembusukan disebabkan tidak cukup atau rendahnya aktifitas biologi, sebagai akibat faktor lingkungan yang tidak sesuai. Lingkungan yang tidak sesuai adalah kondisi terlalu asam (*excessive acidity*) dan/atau genangan air menciptakan kondisi anaerob.

### 2.2 Komponen tanah gambut

Pada kondisi alami, tanah terdiri dari cairan (*liquid*), gas/udara, butiran (*solid*), seperti tampak pada **Gambar 2.1**. Kadar air tanah gambut sangat tinggi, biasanya mempunyai rentang antara 50 – 70% terhadap berat, namun terkadang mencapai 90%.

Komponen butiran gambut terdiri dari bahan organik dan mineral. Bahan organik merupakan komponen utama fase butiran gambut. Bahan organik tersebut termasuk humus dan sisa tumbuhan yang mengalami pembusukan tidak sempurna. Sisa tumbuhan bagian yang terbesar dari bahan organik tanah gambut, sisa tumbuhan berupa akar, batang, daun dan lain sebagainya. Sedangkan humus merupakan kimia organik struktur kompleks yang dihasilkan selama proses pembentukan gambut.

Sedangkan bahan mineral gambut terdiri dari dua jenis, yaitu bahan mineral yang terbawa oleh aliran air atau angin dan bahan mineral yang terbentuk pada proses pembusukan sisa tumbuhan, mineral ini disebut abu sekunder (*secondary ash*). Penjumlahan kedua jenis bahan mineral disebut total abu (*total ash*).



**Gambar 2.1** Komposisi tanah gambut (Xuehui dan Jinming.)

## 2.2 Klasifikasi tanah gambut

Terdapat 3 (tiga) macam klasifikasi untuk tanah gambut, yaitu:

1. Klasifikasi tanah gambut yang didasarkan pada derajat dekomposisi (pembusukan material organik)

Van Post (1924, dalam Wust, dkk, 2003) mengelompokkan tanah ke dalam 10 (sepuluh) kategori, seperti terlihat pada Tabel 1.1. Von Post mengelompokkan konsistensi dan warna slurry campuran gambut dan air. Skala  $H_1$  apabila tanah gambut yang sama sekali tidak/belum terdekomposisi. Skala  $H_{10}$  apabila tanah gambut yang telah mengalami terdekomposisi seluruhnya (derajat dekomposisi 100%).

2. Klasifikasi tanah gambut yang didasarkan pada jenis tumbuhan organiknya

Pada klasifikasi ini, tanah gambut dapat dikelompokkan menurut jenis tanaman pembentuk serat dan kandungan seratnya. Sistem klasifikasi ini mengelompokkan tanah gambut ke dalam 5 (lima) kelompok, seperti ditampilkan pada Tabel 2.2. Sistem klasifikasi menurut jenis ini tanaman pembentuk serat ini memerlukan pengetahuan tentang jenis flora. Oleh sebab itu ahli Teknik Sipil menghindari penggunaan jenis sistem klasifikasi ini.

**Tabel 2 1** Klasifikasi tanah gambut menurut tingkat dekomposisi (Von Post, 1924, dalam Wust dkk, 2003)

Von Post (1924)	US Soil Tax.	Esterle (1990)	
H1 Completely undecomposed peat, releases clear water. Plant remains easily identifiable. No amorphous material.	<b>FIBRIC</b> Mostly <i>Sphagnum</i> High fiber content	<b>Fibric</b> Reddish-brown peat with >66% fibres; long slender roots and rootlets with diameters 1-10 mm embedded in fibrous or granular matrix from which clear water can be extracted.	Peat, muck, organic soil material containing less than 65 wt-% ash
H2 Almost completely undecomposed peat, releases clear or yellowish water. Plant remains still easily identifiable. No amorphous material.			
H3 Very slightly decomposed peat, releases muddy brown water but no peat passes between the fingers. Plant remains still identifiable and no amorphous material.			
H4 Slightly decomposed peat, releases very brown muddy water. No peat passes between the fingers but the plant remains are slightly pasty and have lost some of the identifiable features.	<b>HEMIC</b> Mostly reed-sedge Moderate fiber content	<b>Coarse hemic</b> hemic peat with long, slender roots and rootlets.	
H5 Moderately decomposed peat, releases very muddy water with small amounts of amorphous granular peat escaping between the fingers. The residue is strongly pasty.			
H6 Moderately strongly decomposed peat with a very indistinct plant structure. When squeezed, about 1/3 of the peat passes between the fingers. The residue is strongly pasty but shows the plant structure more distinctly than before squeezing.			
H7 Strongly decomposed peat with a lot of amorphous material and faintly recognizable plant structures. When squeezed, about 1/2 of the peat escapes between the fingers. The water is very dark and almost pasty.	<b>SAPRIC</b> Low fiber content Often high ash	<b>Fine hemic</b> fine grained hemic peat with sapric matrix, partially extrudes through fingers.	
H8 Very strongly decomposed peat with a large quantity of amorphous material and very dry indistinct plant structure. When squeezed, about 2/3 of the peat escapes between the fingers. A small quantity of pasty water may be released. The plant material remaining in the hand consists of residues such as roots and fibres that resist decomposition.			
H9 Practically fully decomposed peat with hardly any recognizable plant structure. When squeezed, almost all peat escapes between the fingers as uniform paste.			
H10 Completely decomposed peat with no discernible plant structure. When squeezed, all the wet peat escapes between the fingers.			

**Tabel 2.2** Klasifikasi Tanah Gambut Menurut ASTM D-2607

No.	Nama	Keterangan
1.	Sphagnum Moss Peat (Peat Moss)	Apabila dikeringkan pada 105oC, kandungan serat dari sphagnum moss: 66,66%
2.	Hypnum Moss Peat	Apabila dikeringkan pada 105oC, kandungan seratnya 33,3% dimana 50% dari serat tersebut berasal dari bermacam macam jenis hypnum moss
3.	Reed Sedge Peat	Apabila dikeringkan pada 105oC, kandungan seratnya 33,3% dimana 50% dari reed-sedge dan dari non-moss yang lain
4.	Peat Humus	Apabila dikeringkan pada 105oC, kandungan seratnya kurang dari 33,3%
5.	Peat-peat yang lain	Gambut yang dikelompokkan disini adalah semua tanah gambut yang tidak termasuk dalam 4 kelompok di atas.

3. Klasifikasi tanah gambut yang didasarkan pada prosentase kandungan bahan organiknya  
Pada sistem klasifikasi ini, batasan kandungan organik tanah gambut sedikit bervariasi, seperti ditampilkan pada **Tabel 2.3**.

**Tabel 2.3** Klasifikasi didasarkan prosentase organik

Klasifikasi	Institusi	Keterangan
ASTM (1985)	-	> 75 %
OSRC (1983)	University Of South Carolina	> 75 %
LGS (1982)	Lousiana Geological Survey	> 75%
USSR (1982)	-	> 50 %

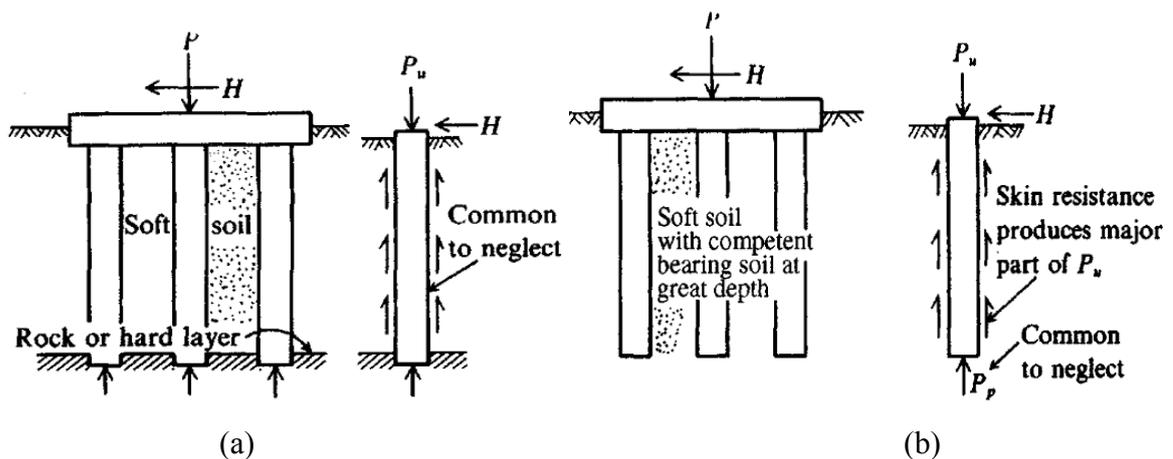
4. MacFarlane dan Radforth (1965)

MacFarlane dan Radforth membagi tanah gambut menjadi 2 kelompok besar, yaitu:

- *Fibrous peat* (tanah gambut berserat)  
Merupakan bagian macroscopic tanah gambut yang mana berbentuk woody atau non woody dan mempunyai diameter kurang dari 1 mm. Tanah gambut dengan kandungan serat  $\geq 20\%$
- *Amorphous granular peat* (gambut amorphous granular)  
Merupakan bagian macroscopic tanah gambut yang mana berbentuk woody atau non woody dan mempunyai diameter lebih besar dari 1mm. Tanah gambut dengan kandungan serat  $< 20\%$  dan terdapat butiran tanah kecil berukuran colloid ( $2\mu\text{m}$ ) dan sebagaian air terserap di sekeliling butiran tanah. Tanah gambut *amorphous granular peat* mempunyai sifat seperti tanah lempung/lanau.

### 2.3 Pondasi Tiang

Pondasi tiang merupakan struktur yang berfungsi untuk mentransfer beban di atas permukaan tanah ke lapisan bawah di dalam massa tanah. Bentuk transfer beban ke lapisan tanah berupa, pertama, penyebaran beban pada seluruh permukaan pondasi tiang dan kedua, melalui titik ujung pondasi tiang. Penyebaran beban menggunakan cara lekatan (*friction*) pada permukaan kulit pondasi disebut pondasi tiang tipe *floating*, sedangkan transfer beban melalui titik ujung tiang disebut pondasi tiang tipe *end-bearing*. Pada kondisi umum, kekuatan daya dukung pondasi tiang merupakan gabungan dua kekuatan, yaitu kekuatan lekatan (*friction*) dan kekuatan ujung tiang (*end-bearing*). Tipe pondasi tiang dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Pondasi Tiang (a) tipe *end-bearing* dan (b) tipe *floating*

Pada umumnya pondasi tiang konvensional mempunyai luas penampang yang sama sepanjang pondasi. Kondisi ini membuat pondasi tiang konvensional mempunyai keterbatasan

pada diameter pondasi. Apabila pondasi tiang mempunyai diameter besar, maka pondasi menjadi berat. Hal ini menjadi tidak ekonomis dan tidak efisien apabila digunakan pada lapisan tanah lunak.

Di daerah pesisir Provinsi Riau, banyak dijumpai daerah yang mempunyai lapisan tanah lunak relatif tebal, dimana ketebalan tanah lunak bisa mencapai lebih dari 30 meter. Lapisan tanah tersebut mempunyai daya dukung relatif rendah, sehingga diperlukan pondasi tiang yang relatif panjang untuk mentransfer beban struktur ke lapisan tanah keras. Kondisi ini menjadi tidak ekonomis. Agar panjang pondasi berkurang, pondasi tiang direncanakan tipe *floating*, dimana beban struktur didistribusikan menjadi lekatan antara permukaan pondasi dengan tanah. Sistem lekatan antara tanah dengan permukaan pondasi dipengaruhi oleh permukaan dan berat pondasi.

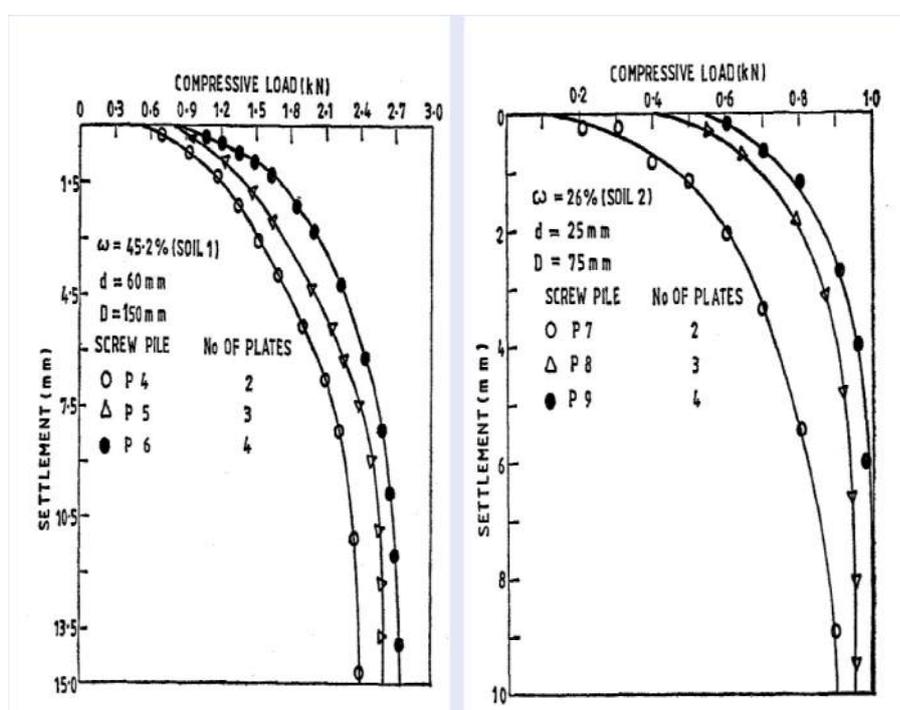
Permukaan pondasi tiang yang umum digunakan relatif halus. Hal ini sangat berpengaruh terhadap daya dukung lekatan. Kekuatan daya dukung tipe *floating* menjadi terbatas. Sampai saat ini juga belum dikembangkan tipe pondasi yang mempunyai permukaan kasar untuk meningkatkan daya dukung lekatan. Pondasi tiang yang mempunyai permukaan cenderung kasar adalah pondasi cerocok kayu, kelebihan lain pondasi cerocok kayu adalah lebih ringan. Hal ini menyebabkan pondasi cerocok lebih efisien digunakan pada tanah lunak dibandingkan pondasi tiang beton atau baja. Namun penggunaan pondasi cerocok tidak direkomendasikan dengan alasan lingkungan. Atas dasar pemikiran tersebut di atas, maka dibuat pondasi tiang berulir yang mempunyai luas penampang relatif besar dan plat ulir bisa dipasang secara paralel/ bertingkat, selain itu pondasi terbuat dari pipa baja berdiameter kecil sehingga lebih ringan.

## 2.4 Pondasi Tiang Helical

Sesuai pada sub bab 2.3 telah dijelaskan bahwa ketebalan tanah lunak relatif tebal, agar ekonomis dilakukan perencanaan pondasi tiang tipe *floating*. Pada tipe *floating* beban struktur ditransfer menjadi gaya gesekan antara permukaan pondasi tiang dengan lapisan tanah, dimana kondisi ini sangat riskan. Oleh sebab itu pada studi ini dilakukan modifikasi pondasi tiang dengan cara memperlebar telapak pondasi. Perlebaran telapak pondasi ini menggunakan plat ulir yang dipasang pada pondasi tiang.

Beberapa penelitian mengenai pondasi tiang ulir telah banyak dilakukan. Namun umumnya studi mengenai pondasi tiang ulir dilakukan pada tanah lempung atau berpasir.

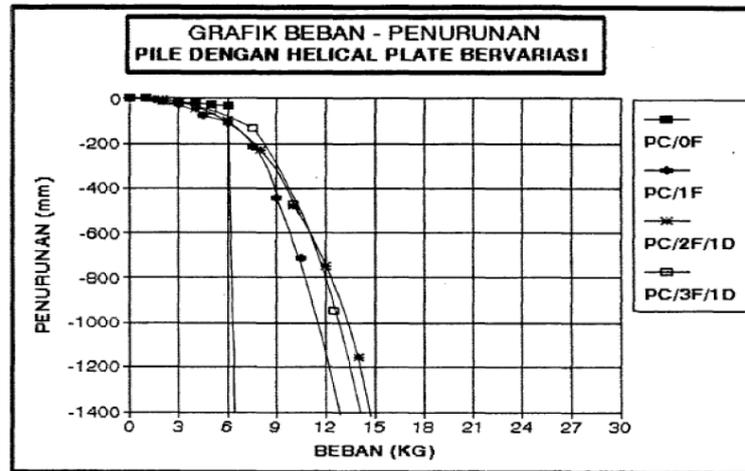
(Rao dkk., 1991) menyelidiki pengaruh jumlah plat helical pada pondasi tiang helical untuk mencapai daya dukung maksimal pada tanah lempung, menggunakan model *helical screw pile*, yang ditanam pada tanah lempung yang di padatkan. Jumlah plat helical memberikan pengaruh yang signifikan pada kapasitas dukung dan kekakuan pondasi dalam merespon beban, kesimpulan dari penelitian tersebut adalah kapasitas dukung maksimum akan di capai pada jumlah helical yang terbanyak, seperti yang ditunjukkan **Gambar 2.3**. Narasimha Rao (1991) menyatakan bahwa rasio jarak (*spacing ratio*) berpengaruh terhadap mekanisme kegagalan. Narasimha Rao (1991) terbukti bahwa estimasi kapasitas mencapai nilai 2 pada beberapa kasus. Rasio jarak memiliki dampak tidak langsung pada kapasitas, untuk total jarak plat helix ( $L_h$ ) konstan, rasio jarak menentukan jumlah plat ulir.



**Gambar 2.3** Pengaruh jumlah plat terhadap daya dukung dan penurunan (Rao dkk, 1991)

(L. & Jong, 1995) menyelidiki Pengaruh Posisi "Helical Plate" pada Dinding Tiang Pondasi Terhadap Peningkatan Daya Dukungnya. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah dengan adanya plat helical pada pondasi tiang, maka daya dukung pondasi tiang helical meningkat. Secara umum pondasi tiang helical mempunyai daya dukung tekan 180% - 300% lebih besar di dibandingkan pondasi tiang tanpa *helical*. Seperti yang di tunjukan **Gambar 2.4**,

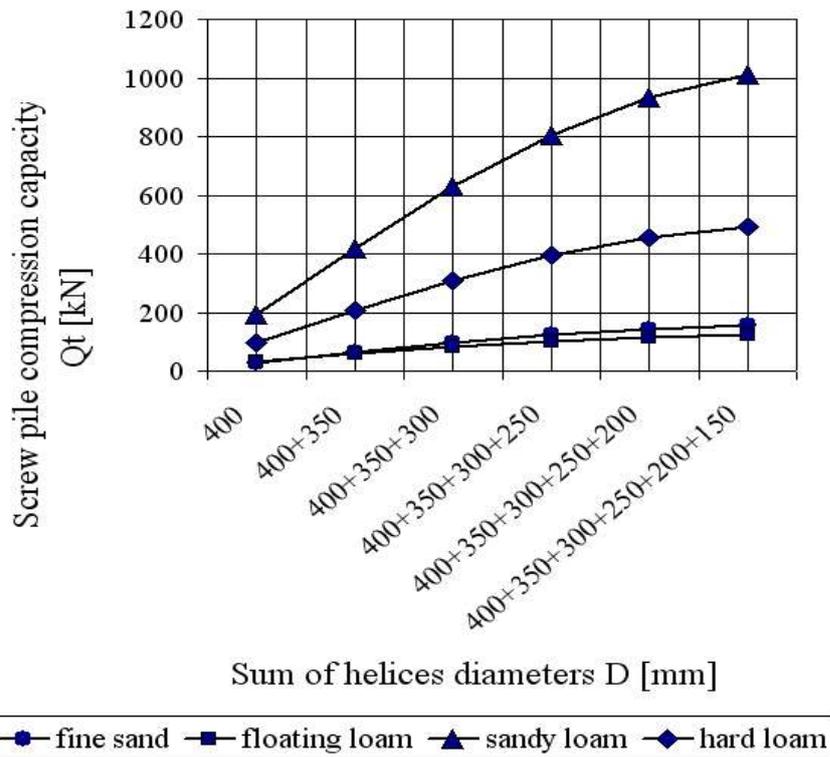
pondasi tiang dengan 3 *helical* memiliki daya dukung yang lebih besar di bandingkan dengan 1 dan 2 plat *helical* yang menggunakan jarak yang sama.



**Gambar 2.4** Hubungan beban - penurunan dengan plat helical bervariasi (L. & Jong 1995)

Weech dan Howie (2010) melakukan studi mengenai tekanan pori (*pore pressure*) pada saat pembebanan dan setelah pemasangan *helical pondasi tiang* dan interpretasi hasil tes beban *pondasi tiang* ini pada lapisan tanah lempung lunak. Hasil studi menunjukkan bahwa *helical pondasi tiang* dengan  $S/D = 1,5$  memiliki kapasitas daya dukung lebih besar dibandingkan *pondasi tiang*  $S/D = 3,0$ . Pada studi kasus ini, terlihat bahwa mekanisme kegagalan untuk *pondasi tiang*  $S/D = 3$  disebabkan oleh kegagalan individual bearing pada setiap *helix*. Sedangkan untuk *pondasi tiang*  $S/D=1.5$ , disebabkan oleh kegagalan individual *bearing* pada *helix* bawah dan oleh tegangan sepanjang permukaan kegagalan silindris pada diameter yang sama dengan bagian *helix* pada bagian atas. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa tegangan geser yang digerakkan oleh *helical pondasi tiang* dalam tanah bertekstur tidak akan sama dengan tegangan geser pada tanah saat mulai instalasi *pondasi tiang* kecuali jika jenis tanah normal konsolidasi sebelum instalasi *pondasi tiang*. Instalasi *helical pondasi tiang* yang digunakan pada studi ini menyebabkan kerusakan yang berarti pada lapisan tanah. Bagaimanapun, tanah dibawah ujung *pondasi tiang*, yang dibebani oleh *helix* bawah, secara fundamental tidak rusak setelah instalasi *pondasi tiang*. Kapasitas yang digerakkan oleh *helix*  $S/D=1.5$  secara substansial meningkat seiring waktu tegangan geser tanah disekitar *pondasi tiang* recover setelah instalasi *pondasi tiang*.

(Sprince & Pakrastinsh 2010) melakukan penelitian pondasi tiang helical pada tanah yang berbeda dengan memvariasikan jumlah plat helical. Variasi yang di gunakan adalah pondasi tiang dengan 1 helical sampai dengan pondasi tiang dengan 6 helical, dengan diameter helical semakin mengecil. Kesimpulannya dapat dilihat pada **Gambar 2.5**, dimana seiring banyaknya jumlah helical maka akan terjadi penambahan kapasitas dukung pondasi tiang helical



**Gambar 2.5** Kapasitas dukung pondasi tiang helical dengan penambahan jumlah plat helix (Sprince & Pakrastinsh, 2010)

Woodcock (2012) melakukan studi mengenai pondasi helical menggunakan kriteria kegagalan Tresca. Pada penelitian ini digunakan parameter *geometry pondasi tiang* yang sama dan tekanan fisik (strain) dimana tanah lunak mulai tidak berubah. Tujuan utama mempelajari s karena terbatasnya instruksi resmi design dan penggunaannya. Proyek ini bertujuan untuk memberikan jawaban definitive untuk riset yang kontradiksi, dengan menilai metodologi desain yang tepat untuk tension dan compression pondasi tiangs pada ideally plastic soil dilanjutkan menilai perilaku s pada *strain softening soil*. Kesimpulan untuk ideally plastic soil Mekanisme kegagalan pondasi tiang dikendalikan oleh mekanisme kegagalan pondasi tiang

yang punya kapasitas minimum, contoh pada pondasi tiang dengan plate yang sedikit gagal dalam daya tahan individual (individual bearing).

Terdapat beragam variable dalam analisis pada tanah lunak (*softening soil*); softening parameter dari tanah itu sendiri, dan parameter-parameter geometrical. Parameter yang paling berpengaruh pada kapasitas adalah kekakuan pondasi tiang (*pondasi tiang shaft stiffness*) dan *brittleness index* (getas). Faktor terbesar pada perubahan pondasi tiang di beban puncak adalah mekanisme kegagalan, kekakuan shaft, dan panjang pondasi tiang. Pondasi tiang yang gagal oleh mekanisme cylinder mencapai puncaknya pada perubahan yang lebih rendah dari pada pondasi tiang yang gagal oleh mekanisme individual bearing, untuk parameter sama. Mechanism Capacity Ratio (MCR) disarankan sebagai ukuran non-dimensi *geometry* dan mekanisme kegagalan.

Tappenden (2007) adalah pondasi dalam terbuat dari satu atau lebih plat baja heliks ditempelkan ke poros baja sentral, tertanam ke dalam tanah dengan penerapan saat balik ke ujung pondasi tiang. Tesis ini mengevaluasi fektivitas dengan metode LCPC dan dipilih korelasi torsi empiris untuk memprediksi kapasitas dalam beban statis tarik aksial dan kompresi. Hasil dari 29 pondasi tiang full-scale, tes beban aksial dilakukan pada dipasang di Kanada Barat. Metode LCPC diterapkan dalam hubungannya dengan hasil penetrasi kerucut (sondir) untuk 23 dari 29, dan korelasi empiris torsi instalasi dengan kapasitas aksial ultimate diperiksa untuk semua 29. Dalam penelitian ini parameter tanah dari hasil penyelidikan tanah yang dihasilkan merupakan kategori tanah lunak (softer soil).

Zeyad H. Elsherbiny, dan M. Hesham El Naggar (2013) menyatakan kapasitas aksial pondasi tiang heliks di pasir dan tanah liat diselidiki melalui pengujian lapangan dan pemodelan numerik. Hasil pengujian model numerik dikalibrasi dan diverifikasi menggunakan data skala penuh.. Model ini diverifikasi dengan membandingkan prediksi dengan kurva beban-perpindahan yang diamati diperoleh dari tes beban pondasi tiang skala penuh. Hasil studi membuktikan bahwa prediksi persamaan teoritis untuk lapisan tanah kohesi bervariasi sebagian besar tergantung pada faktor kapasitas dan kriteria kegagalan. Interaksi heliks berdekatan juga dievaluasi. Faktor reduksi daya dukung, R, dan helix faktor efisiensi, EH, diusulkan untuk digunakan sebagai evaluator kapasitas tekan pondasi tiang heliks dalam tanah kohesi. Evaluator tersebut memasukkan pertimbangan kriteria beban ultimate yang dapat diterima sesuai dengan penyelesaian sebesar 5 % dari diameter helix, D.

