

Penentuan Titik Netral pada Tiang Pancang sebagai Batas Transisi *Negative skin Friction* ke Tahanan Selimut Positif

MUHAMMAD ARIEF SALEH¹, YUKI ACHMAD YAKINN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email: ariefsaleh000@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan tiang pancang pada tanah lunak sering menghadapi masalah negative skin friction (NSF), yaitu gaya geser negatif akibat penurunan tanah yang lebih besar dibandingkan penurunan tiang. NSF menambah beban aksial (dragload) sehingga dapat mengurangi kapasitas dukung efektif. Salah satu aspek penting dalam fenomena ini adalah titik netral (neutral plane), yaitu kedalaman di mana gaya geser negatif berakhir dan berubah menjadi tahanan selimut positif. Penelitian ini bertujuan menentukan kedalaman titik netral menggunakan metode kurva beban–tahanan (load–resistance distribution method) berdasarkan data hasil Standard Penetration Test (SPT). Analisis dilakukan pada tiang tunggal berdiameter 0,6 m dengan panjang 25 m. Hasil menunjukkan titik netral berada pada kedalaman 14 m dengan total gaya negatif (Q_{nsf}) sebesar 128,74 kN. Kurva beban–tahanan memperlihatkan bahwa di atas titik netral bekerja gesekan negatif, sedangkan di bawahnya terjadi kontribusi tahanan selimut positif. Temuan ini menegaskan pentingnya penentuan titik netral dalam perencanaan tiang pancang pada tanah lunak.

Kata kunci: *Tiang pancang, titik netral, Negative Skin Friction, Kurva Load and Resistance Distribution method*

1. PENDAHULUAN

Fondasi tiang pancang merupakan salah satu elemen struktur penting yang banyak digunakan pada tanah lunak karena kemampuannya menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam, namun sering menghadapi permasalahan seperti negative skin friction (NSF) akibat penurunan tanah di sekitar tiang yang lebih besar dibandingkan penurunan tiang itu sendiri. Kondisi ini menimbulkan gaya geser ke bawah atau dragload yang menambah beban aksial tiang dan berpotensi mengurangi kapasitas dukung efektif serta meningkatkan penurunan (settlement). Salah satu aspek penting dalam memahami fenomena NSF adalah titik netral (neutral plane), yaitu kedalaman sepanjang tiang di mana gaya geser negatif berakhir dan berubah menjadi tahanan selimut positif yang berkontribusi terhadap daya dukung. Penentuan titik netral sangat penting karena menjadi batas transisi antara beban tambahan akibat NSF dan tahanan tanah yang mendukung struktur. Dalam penelitian ini, titik netral ditentukan menggunakan pendekatan kurva beban–tahanan (Load and Resistance Distribution method), sehingga diperoleh gambaran distribusi gaya sepanjang tiang.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan analitik untuk menentukan kedalaman titik netral pada tiang pancang akibat pengaruh *negative skin friction* (NSF). Data tanah diperoleh dari hasil uji lapangan berupa *Standard Penetration Test* (SPT) dan dilengkapi dengan parameter hasil laboratorium seperti kohesi (C_u), sudut geser dalam (ϕ), berat isi tanah (γ), serta modulus elastisitas (E). Tiang pancang yang dianalisis merupakan tiang tunggal dengan panjang dan diameter tertentu, yang diasumsikan bekerja hanya terhadap beban aksial.

Tahapan analisis dilakukan meliputi:

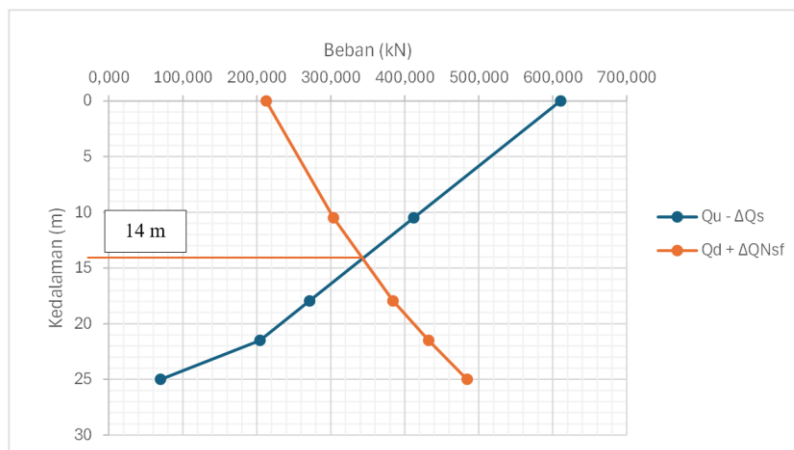
- a.) Pengolahan Data Tanah
- b.) Perhitungan Daya Dukung Tiang
- c.) Penentuan Titik netral dengan kurva *Load Resistance Distribution*
- d.) Penentuan Q_{nsf} (*negative skin friction*)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan pada tiang pancang tunggal dengan diameter 0,6 m dan panjang 25 m pada kondisi timbunan setinggi 2 m. Penentuan titik netral dilakukan menggunakan metode kurva beban–tahanan (*load–resistance distribution*), dengan membandingkan akumulasi beban (beban mati, beban struktur, dan *dragload* akibat NSF) terhadap akumulasi tahanan tanah (tahanan selimut positif dan tahanan ujung).

Tabel 1. Penentuan Titik Netral Tiang Tunggal

Depth	ΔL (m)	γ' (kN/m ³)	σ_v' (kN/m ²)	ΔQ_s (kN)	$Q_u - \Delta Q_s$	Q_d (kN)	$Q_d + \Delta Q_{nsf}$
0	0	0	0	0,000	610,633	212,715	212,715
10,5	10,5	3,502	18,386	198,662	411,971	212,715	303,691
17,95	7,45	2,747	28,618	339,331	271,302	212,715	384,067
21,5	3,55	4,179	36,036	406,333	204,300	212,715	432,295
25	3,5	1,903	39,367	540,631	70,001	212,715	484,238



Gambar 1. Kurva Distribusi Beban Tahanan Penentuan Titik Netral

Kurva distribusi beban–tahanan memperlihatkan bahwa pada kedalaman 0–14 m, tiang mengalami gesekan negatif akibat konsolidasi tanah lunak yang lebih besar dibandingkan penurunan tiang. Setelah melewati titik netral, yaitu pada kedalaman lebih dari 14 m, gaya geser berubah menjadi positif sehingga tahanan selimut mulai memberikan kontribusi terhadap daya dukung tiang. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun NSF menambah beban aksial yang bekerja pada tiang, adanya kontribusi tahanan selimut positif di bawah titik netral serta tahanan ujung tiang mampu menyeimbangkan beban tambahan tersebut.

Hasil ini menegaskan bahwa penentuan titik netral sangat penting dalam perencanaan tiang pancang pada tanah lunak, karena menjadi dasar untuk memisahkan zona pengaruh gesekan negatif dan positif. Apabila titik netral tidak diperhitungkan dengan tepat, kapasitas dukung tiang dapat terlampaui dan mengakibatkan penurunan berlebih (*downdrag*). Metode kurva beban–tahanan terbukti efektif dalam memprediksi distribusi gaya sepanjang tiang dan memberikan gambaran kuantitatif mengenai pengaruh NSF pada tiang dengan kondisi tanah lunak.

Tabel.2 Hasil Perhitungan Q_{nsf}

Depth	ΔL (m)	γ'	σ_o'	Q_{nsf} (kN)
0	0	0	0	0,000
10,5	10,5	3,502	18,386	90,976
17,95	7,45	2,747	28,618	80,377
21,5	3,55	4,179	36,036	48,228
25	3,5	1,903	39,367	51,943

Didapatkan titik netral pada tiang pancang dengan panjang 25 meter dan diameter 0,6 meter berada pada kedalaman 14 meter dari permukaan tanah. Pada kedalaman 0 hingga 14 meter, tiang mengalami *negative skin friction*, sehingga gaya geser yang bekerja pada selimut tiang di zona tersebut dianggap sebagai *dragload* (Q_{nsf}). Dengan demikian, daya dukung selimut tanah dari kedalaman 0–14 meter dihitung sebagai besarnya Q_{nsf} yang menambah beban aksial tiang. ada kedalaman 0–14 m, tiang mengalami gaya geser negatif (*negative skin friction*) yang menghasilkan beban tambahan berupa *dragload* (Q_{nsf})

sebesar 128,74 kN

4. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa titik netral pada tiang pancang dengan diameter 0,6 m dan kedalaman 25 m berada pada kedalaman 14 m dari permukaan tanah, yang menandai batas transisi antara zona *negative skin friction* dan tahanan selimut positif. Pada kedalaman 0–14 m, tiang mengalami gesekan negatif yang menghasilkan *dragload* (Q_{nsf}) sebesar 128,74 kN, sehingga beban ini harus diperhitungkan dalam analisis kapasitas dukung tiang karena menambah beban aksial yang bekerja pada fondasi. Penentuan titik netral dengan metode kurva beban–tahanan (*load–resistance distribution*) terbukti efektif dalam menggambarkan distribusi gaya sepanjang tiang serta memberikan acuan penting bagi perencanaan fondasi pada tanah lunak yang dipengaruhi oleh *negative skin friction*. Namun demikian, metode ini hanya berlaku untuk tiang dengan mekanisme daya dukung selimut (*skin friction pile*), sehingga penerapannya perlu disesuaikan dengan karakteristik tiang dan kondisi tanah setempat.

DAFTAR RUJUKAN

- SNI 8460:2017, S. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dr. Bengt H. Fellenius, P. E. (1984). *NEGATIVE SKIN FRICTION AND SETTLEMENT OF PILES*. University of Ottawa, Canada.
- Kawanda, V. d. (2020). *PERANCANGAN TIANG PANCANG DENGAN TAHANAN FRIKSI NEGATIF*. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil.
- Look, B. G. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. London: Taylor & Group.
- Siegel, T. C. (2014). *Neutral Plane Method for Drag Force of Deep Foundations and the AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Proceedings of the 62nd University of Minnesota Annual Geotechnical Engineering Conference*.