

PERENCANAAN DINDING TURAP (*SHEET PILE*) BERANGKER DI TEPI SUNGAI KAWASAN TANJUNG API-API PALEMBANG

Rudi ¹⁾

1) Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Indonesia

E-mail: ruditan.aan83@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang perencanaan dinding turap berangker berlokasi di tepi sungai Musi kawasan Tanjung Api-api, Palembang. Tujuan dari kajian adalah menetapkan konfigurasi turap menggunakan pendekatan *free-earth method* dan tarikan angker untuk menahan gaya lateral tanah berdasarkan interpretasi data tanah melalui uji CPT dan N-SPT serta perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif dengan teori Rankine. Hasil perencanaan menunjukkan panjang turap 13.65 m dengan dengan faktor keamanan sebesar 1.5. Momen maksimum turap tersebut mencapai 437.98 kN.m masih di bawah kapasitas momen retak penampang *sheet pile* beton pracetak Wika Beton tipe W-600 kelas A (500 kN.m). Total Gaya tarik angker berjarak 2 meter sebesar 163.56 kN/m mengarahkan pemilihan batang angker baja berdiameter ± 30 mm, serta blok angker berukuran 0.85×2.25 m dengan panjang penempatan angker sekitar 20 m dari turap.

Kata Kunci: Turap, Sheet Pile, Gaya Lateral

Pendahuluan

Sebuah perusahaan yang sedang berkembang bergerak di bidang pangan berencana mengekspansi usahanya dari Propinsi Jambi menuju Palembang. Lokasi yang akan dibangun berada di Tanjung Api-api wilayah pesisir Sumatera Selatan yang merupakan kawasan berkembang sebagai kawasan logistik dan industri berhubungan langsung dengan aktivitas pelabuhan dan pergudangan. Berdasarkan pengamatan di lapangan, kontur tanah termasuk relatif datar dan muka air tanah dangkal. Dominasi tanah lempung pada lahan tersebut membuat tebing dan tanggul di tepi perairan mengalami risiko terhadap gerusan air sungai dan erosi. Oleh karena itu dibutuhkan struktur penahan tanah yang efisien dan memiliki deformasi terkontrol menjadi kebutuhan utama. Menurut [1] turap *sheet pile* berangker menjadi pilihan yang dapat menahan galian yang dalam bergantung pada kondisi tanah serta membatasi pergerakan lateral tanah. Di samping itu juga dapat mengoptimalkan kebutuhan lahan secara efisien serta mendukung pekerjaan konstruksi yang bertahap di area basah dengan akses terbatas. Efektivitas penggunaan turap *sheet pile* sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, namun prinsip kerjanya turap adalah menahan tekanan gaya lateral dengan menggunakan tahanan tanah, yang kemudian diperkuat dengan angker di bagian atas [2].

Studi Pustaka

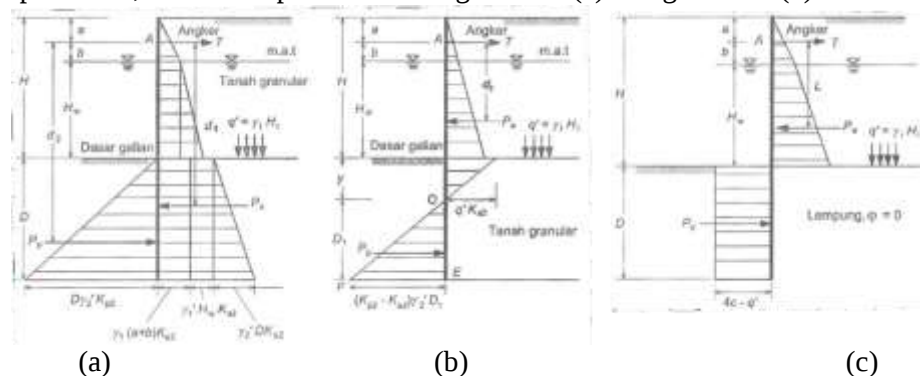
Turap Berangker dengan Metode Ujung Bebas

Dinding turap merupakan dinding vertikal yang tipis dengan fungsi utamanya adalah menahan tanah sekaligus mencegah masuknya air ke dalam galian. Dalam konstruksi dinding turap terbagi menjadi dua kategori yakni kantilever dan angker. Turap dapat ditancapkan ke dalam tanah kemudian ditimbun, atau juga dapat ditancapkan terlebih dahulu ke dalam tanah kemudian tanah di depan turap dikeruk. Dalam kedua kasus tersebut, tanah yang digunakan untuk timbunan di belakang dinding turap, biasanya berupa tanah *granular* [3].

Kedalaman turap ditentukan oleh perhitungan besar tekanan tanah yang bekerja, sementara stabilitas dan tegangan pada turap berangker dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor tersebut misalnya kekakuan relatif terhadap material turap itu sendiri, kedalaman galian, kondisi tanah dan material angker. Berdasarkan [3] turap kantilever hanya direkomendasikan untuk kedalaman 6 meter, sementara turap berangker digunakan untuk galian lebih dari 6 meter. Namun menurut [2] apabila galian tanah mencapai 11 meter dari permukaan, setidaknya diperlukan dua angker tarikan untuk memastikan kestabilan struktur.

Turap Berangker dengan Metode Ujung Bebas

Metode tanah-bebas (*free-earth method*) saat ini dianggap sebagai pendekatan terbaik untuk perhitungan dinding turap. Keunggulan dari metode ini adalah kesederhanaan dalam analisis momen meskipun perhitungannya sering kali cukup panjang. Tiang pancang dianggap kaku dan berputar pada titik angker, sedangkan pergeseran yang terjadi di sekitar angker diasumsikan tetap. Tekanan pasif bekerja pada sisi depan tiang pancang, sementara tekanan aktif muncul di belakang dinding. Hasil perhitungan teoritis biasanya ditingkatkan sebesar 20 sampai 40% atau nilai K_p dikurangi dengan faktor keamanan tertentu sebelum menentukan panjang tiang [4]. Menurut [2] dalam perhitungan turap pada tanah *granuler* dengan karakteristik tanah di atas dan di bawah dasar galian berbeda terdapat 2 cara, di mana dapat dilihat dari gambar 3.(a) dan gambar 3.(b) di bawah.



Gambar 1. Tekanan turap berangker dengan metode ujung bebas

(Sumber : [2, hal. 34])

(a) Turap pada tanah *granuler* – (cara 1)

(b) Turap pada tanah *granuler* – (cara 2)

(c) Turap pada tanah kohesif

Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan faktor penting dalam perancangan dinding penahan tanah. Besarnya tekanan dipengaruhi oleh kondisi regangan tanah terhadap dinding dan biasanya dihitung berdasarkan asumsi tertentu. Hubungan antara regangan lateral dan tekanan tanah harus diperhitungkan secara tepat dan sesuai [5]. Dalam teori klasik Rankine kondisi tanah diasumsikan dalam keadaan aktif (K_a) atau pasif (K_p), sehingga digunakan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif dengan persamaan berikut:

$$K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) \quad (1)$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) \quad (2)$$

Keterangan:

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

ϕ = sudut geser dalam tanah

$\tan$ = fungsi tangen trigonometri.

Tekanan tanah aktif yang bekerja di bagian belakang turap (Cara 1):

$$P_a = \frac{\gamma_1 K_{a1}}{2} (a + b)^2 + \gamma_1 (a + b) K_{a1} H_w + \frac{\gamma_1 K_{a1}}{2} H_w^2 + \gamma_1 (a + b) K_{a2} D + \gamma_1 H_w K_{a2} D + \frac{\gamma_1 K_{a2}}{2} D^2 \quad (3)$$

Yang mana,

P_a = gaya tekan tanah aktif total yang bekerja pada dinding

γ_1 = berat isi tanah pada lapisan atas

γ_1' = berat isi tanah efektif bila ada muka air tanah

K_{a1} = koefisien tekanan tanah aktif untuk lapisan tanah pertama

K_{a2} = koefisien tekanan tanah aktif untuk lapisan tanah kedua

a = tinggi tanah di atas muka dasar pondasi (tanah penutup di atas)

b = tebal lapisan tanah tambahan di atas muka air tanah (jika ada)

H_w = kedalaman muka air tanah dari permukaan

D = kedalaman pondasi di bawah muka tanah

Tekanan tanah pasif yang bekerja di bagian belakang turap:

$$P_p = \frac{\gamma_1 K_{p2}}{2} D^2 \quad (4)$$

Jumlah momen terhadap angker sama dengan nol ($\Sigma M_A = 0$):

$$d_1 P_a = d_2 P_p \quad (5)$$

Dengan,

$d_1 P_a$ = momen P_a terhadap angker A

$d_2 P_p$ = momen P_p terhadap angker A

d_1 = letak resultan gaya-gaya tekanan aktif terhadap angker A

d_2 = resultan gaya-gaya tekanan pasif terhadap angker A

Gaya yang bekerja pada angker didapatkan dari $\Sigma F_H = 0$:

$$T = P_a - P_p \quad (6)$$

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada area yang ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu lahan yang memiliki jarak 12 meter dari tepi perairan sungai Musi di mana area tersebut masih didominasi endapan tanah lempung asli. Lokasi penelitian ditandai dengan garis berwarna kuning putus-putus yang menunjukkan area pengambilan data utama. Metode penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:



Gambar 2. Lokasi penelitian
(Sumber : Foto lapangan, 2025)

Observasi Lapangan

Survei lapangan untuk mengetahui kondisi eksisting lokasi penelitian yang meliputi karakteristik topografi, jenis tanah di permukaan, serta aktivitas sekitar kawasan yang dapat memengaruhi kondisi penelitian.

Data Primer

Diperoleh melalui pengujian Sondir CPT sebanyak 4 titik dan Boring N-SPT sebanyak 2 titik pada beberapa lokasi pengujian yang telah ditentukan. Sementara pengukuran kedalaman sungai serta air pasang surut sungai dilakukan secara manual dengan menggunakan kapal.

Pengolahan dan Analisis Data

1. Intreprestasi data tanah (γ , c , ϕ , N-SPT/qc), beban luar, muka air tanah/pasang surut
2. Penentuan profil sheet pile
3. Perhitungan tekanan lateral tanah dengan teori Rankine/Coulomb
4. Perhitungan gaya angker, kedalaman, dan dimensi blok angker
5. Selesai

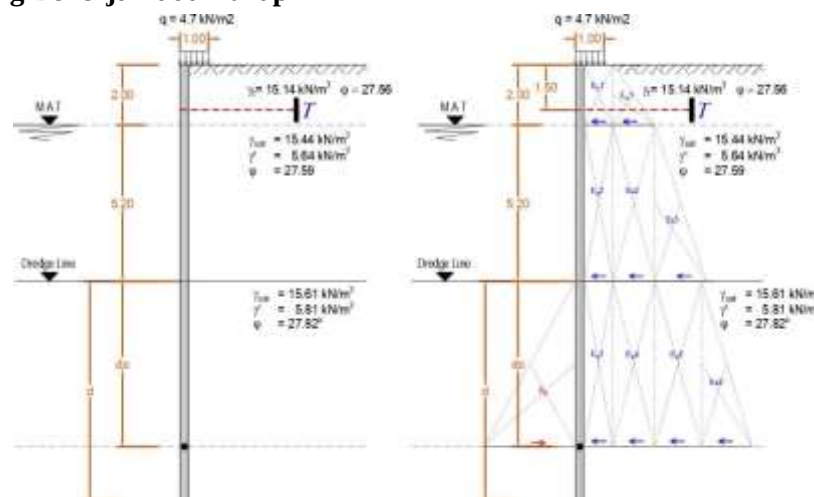
Hasil dan Pembahasan**Hasil Uji Tanah berdasarkan N-SPT**

Hasil rekapitulasi pengujian tanah terhadap titik boring N-SPT BH 01 yang terdekat dengan lokasi penelitian sebagai berikut:

Tabel 1. Data Tanah

z (m)	Deskripsi	Nilai N-SPT	Klasifikasi Jenis Tanah	γ_t (kN/m ³)	ϕ (°)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{eff} (kN/m ³)
0	Lempung Hitam	1.00	Clay/Lempung	15.14	27.56	15.36	5.560
3	Lempung Hitam Ke Abu-Abuan	1.00	Clay/Lempung	15.14	27.56	15.36	5.560
8	Lempung Merah Keputihan	1.00	Clay/Lempung	15.35	27.59	15.44	5.644
12	Lempung Merah	5.00	Clay/Lempung	15.39	27.82	15.61	5.813
16	Lempung Putih Kepasiran	3.00	Clay/Lempung	15.59	28.00	15.73	5.929
18	Pasir	5.00	Clay/Lempung	15.99	28.60	16.15	6.346

(Sumber : Olahan, 2025)

Analisa Gaya yang Bekerja Pada Turap

Gambar 3. Diagram gaya pada turap

Tabel 2. Nilai K_a dan K_p

Lapisan Tanah	γ (kN/m ³)	(K_a)	(K_p)
Lapsi ke 1	15.14	0.37	2.72
Lapsi ke 2	5.64	0.37	2.72
Lapsi ke 3	5.81	0.36	2.75

Perhitungan Gaya dan Momen Turap tanpa Beban Gempa**Tabel 3. Gaya dan Momen Turap**

Notasi	Gaya (kN)	Jarak ke Angker (m)	Momen Ke Angker (kN.m)
Tekanan Aktif			
E _{q1}	3.456	-0.50	-1.73

E _{a1}	11.123	-0.17	-1.89
E _{q2}	8.977	3.10	27.83
E _{a2}	57.787	3.10	179.14
E _{a3}	28.003	3.97	111.17
E _{q3}	1.710 d _o	5.70	9.75 d _o + 0.86 d _o ²
E _{a4}	11.010 d _o	5.70	62.75 d _o + 5.50 d _o ²
E _{a5}	10.670 d _o	5.70	60.82 d _o + 5.34 d _o ²
E _{a6}	1.057 d _o ²	5.70	6.02 d _o ² + 0.704 d _o ³
ΣP_A	109.35 + 23.39 d_o + 1.06 d_o²	ΣM_{Maktif}	314.52 + 133.32 d_o + 17.72 d_o² + 0.704 d_o³
Tekanan Pasif			
ΣP_P	7.994 d_o²	5.70	45.57 d_o² + 5.329 d_o³

Perhitungan Panjang urap

Ketentuan keseimbangan adalah $\Sigma M_{Total} = 0$

$$\Sigma M_{Total} = 314.52 + 133.32 d_o - 27.85 d_o^2 - 4.63 d_o^3 = 0$$

Dengan *trial and error* sehingga mendapatkan nilai $d_o = 4.3$ meter

Faktor keamanan diambil $d = 1.5d_o$, maka $d = 1.5 \times d_o = 1.5 \times 4.3$ m = 6.45 meter

Panjang turap = $H_1 + H_2 + d = 2\text{m} + 5.2\text{m} + 6.45\text{m} = 13.65$ meter

Menghitung Momen Maksimum

Berdasarkan perhitungan momen sebelumnya, dapat dihitung momen maksimum dengan mencari turunan dari persamaan sebagai berikut:

$$\Sigma M_{Total} = 314.52 + 133.32x - 27.85x^2 - 4.63x^3$$

$$\frac{d}{dx} \Sigma M_x = 133.32 - 55.70x - 13.89x^2$$

Berdasarkan perhitungan momen sebelumnya, dapat dihitung momen maksimum dengan

$$X_1 X_2 = \frac{-(-55.7) \pm \sqrt{55.7^2 - 4(-13.89)(133.32)}}{2(-13.89)}, \text{ diperoleh nilai } X_1 = -5.695 \text{ dan } X_2 = 1.689$$

$$\text{Maka } \Sigma M_{Total} = 133.32 - (55.7 \times 1.685) - (13.89 \times 1.685^2) = 437.98 \text{ kN.m}$$

Berdasarkan spesifikasi sheet pile Wika Beton, dapat digunakan sheet pile tipe W-600 kelas A dengan momen crack sebesar 500 kN.m. Karena Momen maksimum lebih kecil dari momen retak ($437.98 < 500$ kN.m).

Analisis Angker dengan Jarak 2 Meter

1. Perhitungan Gaya Angker

Gaya pada angker, $T = \Sigma P_A - \Sigma P_P$

$$\Sigma P_A = 109.35 + (23.39 \times 4.3) + (1.06 \times 4.3^2) = 109.35 + 100.57 + 19.6 = 229.52 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma P_P = 7.99 \times 4.3^2 = 147.74 \text{ kN/m}$$

$$\text{Gaya pada angker (T)} = 81.78 \text{ kN/m}$$

2. Perhitungan Diameter Angker

Diketahui tegangan leleh baja ijin = 240 Mpa

$$\text{Luas batang angker} = (2 \times 81.78) / (240 \times 1000) = 0.00069 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter angker} = \sqrt{A_s / 0.25\pi} = \sqrt{0.00069 / 0.785} = 0.0295 \text{ m} = 30 \text{ mm}$$

Perencanaan Blok Angker

1. Menentukan nilai h dan H Blok Angker

Asumsi $h = 0.75\text{m}$ dan $H = 2.25\text{m}$, syarat $h \leq H/3$, maka $0.75 \leq 2.25/3 \Rightarrow 0.75 = 0.75 \Rightarrow \text{Ok!}$

2. Menentukan nilai L untuk Blok Angker

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot K_{p1} = 0.5 \times 2.25^2 \times 15.14 \times 2.72 \times 2 = 208.68 \text{ kN}$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma_1 \cdot K_{a1} = 0.5 \times 2.25^2 \times 15.14 \times 0.37 \times 2 = 28.15 \text{ kN}$$

$$T \leq L(P_p - P_a) + \frac{1}{3} K_0 g (\sqrt{K_p} + \sqrt{K_a}) H^3 \tan \phi, \text{ sehingga}$$

$$163.56 \leq L(208.68 - 28.15) + \frac{1}{3} \times 0.4 \times 15.14 \times (\sqrt{2.72} + \sqrt{0.37}) \times 2.25^3 \times \tan 27.56$$

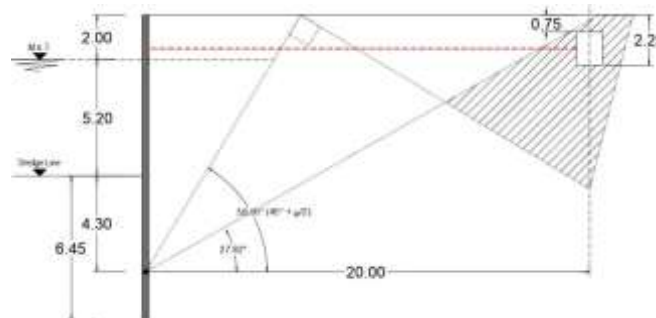
$$163.56 \leq 180.53L + 10.61$$

$$180.53L \geq 152.95$$

$$L \geq 0.85 \text{ meter}$$

3. Penempatan Blok Angker

Perencanaan lokasi penempatan angker dengan metode grafis menggunakan bantuan program autocad berdasarkan teori Teng (1962) dalam Hardiyatmo [2] memperoleh panjang angker = 20 meter.



Gambar 4. Penempatan papan angker

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap turap berangker yang direncanakan, diperoleh panjang turap mencapai kedalaman 13.65 meter dengan menggunakan *sheet pile* beton pracetak Wika Beton tipe W-600 kelas A yang memenuhi kapasitas momen serta panjang turap. Sistem penahan tanah diperkuat dengan angker baja berdiameter minimal 30 mm dengan jarak antar angker per 2 meter, sementara blok angker direncanakan berukuran 0.85 m × 2.25 m dengan penempatan jarak sekitar 20 meter dari turap supaya blok angker dapat bekerja secara penuh. Namun dalam hal ini perlu adanya kajian dan analisis lebih mendalam dengan menggunakan perangkat lunak dengan tujuan untuk untuk memverifikasi dan mengoptimasi secara cepat sesuai ketentuan.

Daftar Pustaka

- [1] H. Z. Hanafiah, Z. Jaya, dan M. Reza, *Rekayasa Fondasi untuk Program Vokasi*. Yogyakarta: ANDI, 2020.
- [2] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, 5th ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2020.
- [3] B. M. Das, *Principles of Foundation Engineering*. Boston: Cengage Learning, 2016. doi: 10.1080/01422419908228843.
- [4] J. E. Bowles, *Foundation Analysis and Design*, 5th ed. Singapore: McGraw-Hill, 1997.
- [5] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, 4th ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2020.