

Perkuatan Turap Baja Terhadap Gaya Lateral Berlebih Pada Galian Tanah Lunak

Widayat Amariansah^{1*}, Antonius², Lisa Fitriyana³, Moch. Dony Febriansyah⁴

¹ Dosen Prodi Teknik Sipil Universitas Pandanaran

² Antonius, Guru Besar Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung

³ Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung

⁴ Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Universitas Pandanaran

Jalan Banjarsari Barat no.1, Pedalangan, Banyumanik, Semarang

Email : widayat@unpand.ac.id

Abstract

Building construction excavation in thick soft soil Tambak Lorok alluvial area Semarang, need sheet pile structure to protect landslide during its activity. Steel sheet pile must be able to againts lateral and inner force, moment and heave of soil bed excavation. If any overburden lateral soil pressure behind sheet pile, passive soil's looses due to coastal dredging, digging depth change and unlocked sheet pile during piling, then sheet pile have lateral deformation. So we need sheet pile structural reinforcement with wall to wall strut beam and rakes. The excavation construction methods must be do gradually and followed with segmental concreting structure from bottom. This solution is effective enough to stabilize soil and make safety during excavation until substructure fully concreting.

Keywords: Reinforcement, steel sheet pile, lateral force, soft soil

ABSTRAK

Galian konstruksi bangunan pada tanah lunak di daerah pantai Tambak Lorok Semarang memerlukan turap penahan tanah agar tidak longsor. Turap dari baja dibuat stabil terhadap gaya lateral, momen, gaya dalam dan potensi terangkatnya permukaan tanah dasar galian. Jika timbul tekanan tanah lateral yang berlebih di belakang turap, muka air tanah yang tinggi, pengurangan tekanan tanah pasif akibat pengerukan, perubahan kedalaman galian dan pemasangan turap yang tidak mengunci satu dengan lainnya, maka turap dapat mengalami deformasi lateral. Oleh sebab itu diperlukan perkuatan struktur turap secara struktural yaitu balok pengaku horisontal (*strut*) dan penopang (*rakes*) serta perkuatan non struktural yaitu metode penggalian secara bertahap yang diikuti pengecoran struktur dari dasar galian secara segmental. Cara ini cukup efektif menstabilkan tanah lunak di sekeliling galian sampai pengecoran struktur bawah bangunan selesai dikerjakan.

Kata kunci : Perkuatan, turap baja, gaya lateral, tanah lunak

Info Artikel :

Masuk : 20 Mei 2021

Revisi : 28 Mei 2021

Diterima : 17 Juni 2021

Terbit : 30 Juni 2021

PENDAHULUAN

Pekerjaan galian struktur bawah bangunan di area tanah lunak seperti kawasan pantai Tambak Lorok Semarang, membutuhkan konstruksi penahan tanah yang mampu menahan longsor tanah dan masuknya air tanah ke dalam lobang galian (Hardiyatmo, 2014). Penggalian tanah menyebabkan hilangnya sebagian massa tanah, sehingga terjadi pelepasan tekanan aktif tanah dan

tekanan air tanah akibat hilangnya kekompakan daya gesek antar butir tanah. Pelepasan energi ini menyebabkan ketidakseimbangan tanah di sekitar galian yang berpotensi menimbulkan runtuh ke dalam lobang galian. Salah satu jenis konstruksi penahan tanah adalah dinding turap (*sheet pile*) yang dapat terbuat dari baja lapis anti karat dengan $f_y \geq 4000 \text{ kg/cm}^2$ atau beton pratekan dengan $f_c' \geq 500 \text{ kg/cm}^2$ (Wika Beton, 2019). Turap didesain

stabil terhadap gaya dalam dan lateral, momen, daya dukung ijin tanah dan terangkatnya tanah dasar galian yang bakal terjadi. Konstruksi turap dapat bersifat permanen sebagai bagian dari struktur bangunan keseluruhan atau sementara sehingga akan dibongkar setelah pekerjaan struktur bawah selesai.

TINJAUAN PUSTAKA

Turap sebagai salah satu jenis *embedded walls* berfungsi memisahkan dan menahan kestabilan dua bidang tanah yang mempunyai beda tinggi akibat pekerjaan galian sehingga berpotensi longsor (Widayat, 2015). Turap direncanakan stabil terhadap pengaruh gaya dalam dan lateral, momen dan terangkatnya tanah dasar galian (*basal heave* dan *blow in*) yang mengandung muka air tanah tinggi (Suhartono, 2013). Gaya lateral arah x dan y dapat berupa tekanan air tanah, tekanan tanah aktif, gaya gempa, beban hidup merata di atas muka tanah seperti beban kendaraan, beban crane, beban getaran mesin dan aktivitas konstruksi, beban bangunan di sekitarnya dan sebagainya (Widayat, 2017). Momen ditimbulkan oleh adanya jarak antara titik tangkap gaya lateral dengan titik guling turap di dasar tanah galian yang menyebabkan turap mengalami defleksi dan deformasi lateral ke arah dalam area galian tanah. Jika turap digunakan sebagai dinding dermaga (*quoy wall*) tipe *wharf*, maka deformasi yang terjadi ke arah laut apalagi jika dasar kolam pelabuhan dikeruk maka akan memperbesar defleksi yang terjadi (Yoga, 2013 dan Widi P, 2021). Beban hidup di permukaan tanah diperhitungkan sebesar minimum 1,00 t/m² selebar 10 m. (SNI 8640-2017). Selain defleksi, beberapa moda kegagalan turap lainnya adalah *toe kick-off*, terbentuknya sendi plastis pada dinding turap, *deep seated failure*, *anchor passive failure*, *tie rod failure* dan *bearing plate failure*.

Metode analisis keseimbangan batas konstruksi turap umumnya menggunakan *free earth support method* yang cukup konservatif dan adaptif dipakai pada tanah lunak. Pada metode ini semua gaya luar dan momen yang bekerja harus lebih kecil dari kuat tarik dan tekan material turap yang dipakai ditambah tekanan pasif yang bekerja, yang ditunjukkan dengan parameter angka keamanan FK $\geq 1,00$. Pada beberapa kasus, turap dapat diperkuat lapis tipis beton tembak berjaring

kawat baja, pemasangan anker di belakang turap, grouted anchor bolt atau blok beton. Sedangkan struktur turap sendiri diperkuat *wall to wall strut* dan atau *raker*. Muka air tanah direncanakan sampai muka tanah asli dengan catatan bahwa jika selama masa konstruksi muka air tanah turun secara signifikan ≥ 2 m maka harus diwaspadai adanya penurunan tanah di belakang turap yang menimbulkan *heave* dan *blow in*. SNI 8640-2017 menyatakan FK (faktor keamanan) turap di tanah lunak terhadap : 1) *basal heave* $\geq 1,25$; 2) *blow in* $\geq 1,25$; 3) *piping/sand boiling* $\geq 1,50$.

METODOLOGI

Metode penelitian menggunakan analisis kuantitatif yaitu perhitungan struktur turap yang paling aman selama masa konstruksi dengan mempertimbangkan kondisi air laut pasang setinggi muka tanah asli, pengaruh getaran pekerjaan konstruksi di sekeliling area galian seperti *piling*, keamanan pipa pendingin *boiler* dan pipa pembuang turbin PLTU Tambaklorok yang terletak di sekitarnya dan keterbatasan lahan kerja. Tahap penelitian dimulai dari pengumpulan data lapangan, diteruskan simulasi input pembebanan dan pembuatan model dua dimensi, selanjutnya uji coba kestabilan turap sampai mendapatkan desain yang memenuhi syarat keamanan dan kemudahan dalam pelaksanaan. Analisis perhitungan dilakukan dengan program bantu Plaxis 2 dimensi menurut pemodelan Mohr- Coulomb dan Linier Elastic, termasuk juga membandingkannya dengan catatan rekam data pemancangan dan deformasi turap yang sudah dibangun sebelumnya di tempat yang sama. Rancangan akhir diharapkan menghasilkan *layout*, kedalaman, dimensi dan model perkuatan turap baja yang lebih stabil dan aman terhadap tekanan tanah dan air tanah yang berlebih serta getaran pekerjaan konstruksi sekitarnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

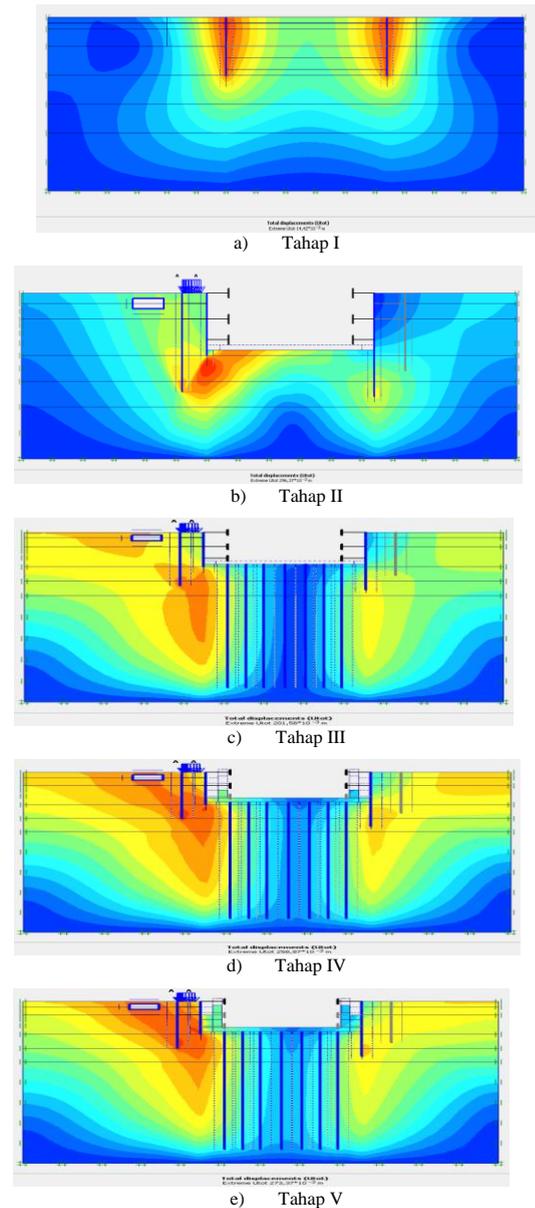
Struktur turap pada area proyek *Cooling Water (CW) Pump Tambaklorok CCPP Block 3* ini dibuat untuk menahan galian tanah sedalam 12 m. Komposisi tanah dari permukaan terdiri dari urugan pasir kelepungan bercampur kerikil padat setebal 5 m dengan N-SPT 25-40; dan lempung kelanauan lunak setebal 25 meter dengan N-SPT 2-10. Sudut

geser dalam \varnothing berkisar $14-30^\circ$, kohesi $0,10-1,50$ t/m², kadar air $60-70\%$, berat jenis $1,50-1,60$ t/m², porositas $65-69\%$, koefisien konsolidasi $C_c = 0,69$, permeabilitas $k = 3,88 \times 10^{-9}$ sampai $6,62 \times 10^{-8}$ cm/det (Laboratorium Mektan Undip, 2017).

Turap baja menggunakan tipe U-YSP $w = 600$ mm ditanam sedalam 21 m. Atas pertimbangan kondisi lapangan agar keterlambatan pekerjaan bisa diperkecil dan tetap mengedepankan K3 maka proses pekerjaan galian sampai dengan pengecoran struktur bawah bangunan *CW Pump* dilakukan dalam 5 tahap. Tahap I adalah pemancangan sheet pile sedalam 21 m. Tahap II merupakan penggalian tanah secara bertahap paralel dengan pemasangan *wall to wall strut*. Tahap III pemancangan spun pile di dasar galian sebagai pondasi bangunan *CW Pump*. Tahap IV pengecoran lantai dan dinding *CW Pump* secara bertahap. Tahap V pembongkaran *wall to wall strut* dan sheet pile secara parsial sampai selesai seluruhnya. Pada setiap tahap dievaluasi displacement horisontal yang terjadi dan nilai Faktor Keamanan (FK) dengan menghitung rasio antara tegangan ijin material *steel sheet pile* (S) dengan tegangan tanah yang terjadi (τ). Faktor keamanan untuk konstruksi turap permanen pada kondisi normal $\geq 1,50$, sedangkan konstruksi turap sementara dengan memperhitungkan kondisi gempa $\geq 1,10$. Analisis dilakukan dengan asumsi bahwa pemancangan turap tidak ada yang miring agar tekanan lateral dapat diserap dengan baik dan merata oleh sheet pile. Demikian pula diasumsikan air tanah pada lobang galian tidak merembes melalui celah turap dan jika ada sumber air akan dipompa keluar dengan baik sehingga area galian bebas air (Antonius, 2019).

Tabel 1. Analisis Faktor Keamanan setiap tahap

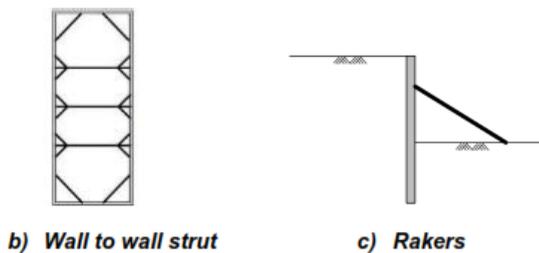
No	Tahap	Displacement	FK
1	I	0,019 m	5,58 > 1,10
2	II	0,296 m	2,90 > 1,10
3	III	0,201 m	1,67 > 1,10
4	IV	0,259 m	1,45 > 1,10
5	V	0,273 m	1,23 > 1,10



Gambar 1. Distribusi tegangan tanah dan displacement turap pada setiap tahap

Berdasarkan simulasi di atas, konstruksi turap cukup stabil dan efektif dilaksanakan di lapangan dengan disiplin mengerjakan setiap tahapan galian dan pengecoran. Problem yang muncul ketika melakukan galian tanah lunak lebih dari 3 m yang dikategorikan sebagai galian dalam (SNI no. 8640-2017) adalah ketika mengupayakan agar setiap lembar *sheet pile* terpancang lurus, tidak miring, terpancang pada kedalaman yang sama dan saling mengait satu dengan lainnya. Jika terjadi ketidaksatuan turap akibat empat faktor tersebut, sebaiknya langsung diperkuat *wall to wall strut* dan *rakers* (penopang sudut) di bagian dasar galian. Pemasangan posisi *strut* juga harus memperhatikan

posisi setiap titik pancang yang nanti dilakukan di dasar galian agar proses *piling* tidak mengalami kesulitan.



Gambar 2. Perkuatan *steel sheet pile*

Untuk mengantisipasi kemunduran waktu pelaksanaan akibat adanya hambatan tak terduga di lapangan, analisis ini menggunakan batasan waktu maksimum 60 hari sudah menyelesaikan tahap III sehingga deformasi lateral *sheet pile* ke arah lobang galian diprediksi sejauh 7,00 cm dengan kondisi tiang belum dipancang dan lantai *CW Pump* belum dicor. Namun ketika tiang sudah ditanam dan slab sudah dicor maka deformasi berkembang menjadi 10,20 cm akibat pengaruh getaran saat pemancangan spun pile dia.600 mm sepanjang 50 m dengan hammer 2,50 ton. Analisis juga menunjukkan bahwa potensi basal heave di dasar galian selama 60 hari tersebut diperkirakan sebesar 9,50-12,00 cm jika lantai belum dicor. Ketika slab beton sudah dicor dan berumur 7 hari, maka basal heave berkurang menjadi 3,00-7,10 cm. Gaya dalam yang bersifat tarik, tekan dan geser pada *sheet pile* juga dicek supaya tidak melebihi batas ijin material baja untuk menghindari terbentuknya sendi plastis pada turap yang menyebabkan retak, patah dan sobek.

Salah satu cara untuk meminimalkan *basal heave*, *blow-in* dan *piping* adalah memasang *polypropylene vertical drainage* (PVD) yaitu semacam serat sintetik yang dipasang sedalam lapisan tanah lunak pada setiap jarak 1 meter. Pemasangan PVD akan memompa air tanah naik ke permukaan secara kapiler sehingga tanah dipercepat pemampatannya. Tanah yang lebih padat akan berkurang kadar porinya sehingga tidak mudah disusupi air dan memiliki ikatan antar butiran yang lebih bagus, tidak mudah terurai, tidak mudah kembang susut yang menyebabkan terjadinya penurunan dan *uplift*. Pemasangan PVD dilakukan 6-12 bulan sebelum konstruksi turap dikerjakan. Hal ini mengingat kecenderungan muka

air tanah terutama instruksi air laut yang semakin tinggi dan penurunan tanah kawasan Tambaklorok selama 20 tahun terakhir berkisar 3-4 cm per tahun (LPPM Undip, 2017).

SIMPULAN

Galian dalam pada tanah lunak sampai 12 m mempunyai kesulitan untuk menghasilkan konstruksi turap yang tertanam sama dalam dan saling mengunci. Sebab itu perlu pengecekan angka keamanan pada setiap tahap kegiatan yang dibatasi waktu agar tidak terjadi keruntuhan massa. Metode perhitungan yang cukup efektif adalah *free earth support method* yang mensyaratkan keseimbangan antara tegangan tanah yang terjadi dengan tegangan ijin material *sheet pile* dengan asumsi turap tidak ada yang miring, rapat dan area galian bebas air. Tahap ekskavasi dibagi 5 yaitu pemancangan turap, penggalian dan pemasangan *wall to wall strut* dan *rakes*, pemancangan *spun pile* di dasar galian sebagai struktur bawah bangunan *CW Pump*, pengecoran lantai dan dinding dasar *CW Pump* dan pembongkaran turap. Hasil analisis diperoleh angka keamanan yang cukup baik 1,23-2,90 dengan displacement 0,201-0,296 m. Batas waktu maksimum pelaksanaan tahap I-III sebagai tahapan yang paling kritis adalah 60 hari agar memperoleh deformasi 7,00-10,20 cm, potensi basal heave 3,00-12,00 cm yang masih aman terhadap pekerja dan pengecoran beton sampai umur 7 hari. Untuk meminimalkan *basal heave*, *blow-in* dan *piping* dapat dilakukan pemasangan *polypropylene vertical drainage* (PVD) sedalam lapisan tanah lunak 30 m dengan interval 1 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius, Fitriyana L, Widayat, 2019, *Laporan Pengabdian Masyarakat : Evaluasi Desain Stabilitas Galian Dalam dengan Sheetpile pada Masa Konstruksi Pembangunan CW Pump Tambaklorok CAPP, Tim Certified Engineer FT Unpad-FT Unissula, Semarang*
- Beton, Wika, 2019, *Brochure Precast Concrete Manufacture, Jakarta*
- Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Undip, 2017, *Laporan Penyelidikan Tanah Proyek Pembangunan Tambak Lorok Semarang*
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2014, *Analisis dan Perancangan Fondasi II, Gadjah Mada*

- University Press, Yogyakarta
Pusat Studi Bencana LPPM Undip, 2017, *Laporan Final Kajian Teknis Mitigasi Banjir Rob di GI Tambaklorok*, PLN Enjineering, Jakarta
- SNI 8640-2017, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*, BSN, Jakarta
- Suhartono, Purwanto, Suripin, 2013, *Kondisi Intrusi Air Laut terhadap Air Tanah pada Akuifer Kota Semarang*, Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, LPPM Undip, Semarang
- Widayat, 2015, *Rekayasa Pondasi II*, Teknik Sipil UNPAND, Semarang
- Widayat. 2015. *Design of Stack Foundation in Berau Coal Steam Fire Power Plant on Soft Silty Clay Embankment*, Proceeding, Semarang : 1st International Conference : Issues, Management And Engineering In The Sustainable Development On Delta Areas, Unissula, Semarang
- Widi P, Ghozali Z, Sari S. 2021. *Perkuatan Dermaga Pelabuhan Dalam II Tanjung Emas Semarang*. Proposal PKM-AI Kemendikbud 2021, Universitas Pandanaran, Semarang
- Yoga A, Dhimas Noor, Indrastono, Himawan, 2013, *Evaluasi Geoteknik dan Struktur pada Dermaga Eksisting TPK Semarang*, PT Pelindo III, Surabaya