

# axial

## JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN KONSTRUKSI

VOLUME 7, NO.3, Desember 2019

### DAFTAR ISI

- |  |              |
|--|--------------|
| Evaluasi Sensitivitas Keterlambatan Durasi Pada Proyek Gedung Upt K3 Surabaya Dengan Metode Cpm<br><i>Andry Hermawan, Siswoyo</i>  | Hal. 163-172 |
| Perencanaan Gedung Hotel Ayana Menggunakan Struktur Baja Sistem Bresing Konsentrik Khusus Tipe Two Story X Di Kota Mataram<br><i>Fernanda Koes Biantoro, Utari Khatulistiani</i>       | Hal. 173-182 |
| Optimasi Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Irigasi di Daerah Aliran Sungai Jajar Daerah Irigasi Jatirogo Bonang Demak Jawa Tengah<br><i>M. Khoerul Imam, Soebagio</i>                     | Hal. 183-196 |
| Pengaruh Penggunaan Cangkang Kerang Semping ( <i>Moluska Bivalvia Pectinidae</i> ) Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Normal<br><i>Muhammad Syauqi Firdaus, Andaryati</i> | Hal. 197-206 |
| Perbandingan Anggaran Biaya Proyek Perumahan di Surabaya Dengan Metode <i>Cost Significant Model</i><br><i>Wibisono Dwi Saputro, Miftahul Huda</i>                                     | Hal. 207-216 |
| Penerapan Rekayasa Nilai Pada Proyek Pembangunan Apartemen <i>Biz Square</i> (Menara Rungkut Tower A) Surabaya<br><i>Moh Choirul Umam, Miftahul Huda</i>                               | Hal. 217-226 |
| Perencanaan Ulang Dinding Penahan Tanah <i>Underpass</i> Mayjend Sungkono Surabaya<br><i>Muhammad Nasrudin, Siswoyo</i>  | Hal. 227-240 |
| Analisis Stabilitas Bendung Embung Made, Desa Made, Kecamatan Kudu, Kabupaten Jombang<br><i>Laily Endah Fatmawati, Ari Cahyo Utomo</i>   | Hal. 241-248 |

# axial

*jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*

Volume 7 No.3 Desember 2019

<p><b>Terbit 3 Kali Setahun Pada Bulan April, Agustus dan Desember. Berisikan Tulisan Yang Diangkat Dari Hasil Penelitian, Kajian Dan Telaah Kritis Di Bidang Ilmu Ketekniksipilan (Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi)</b></p>	
<p><b>Visi Fakultas:</b> <b>Sebagai Program Studi unggulan yang berkualitas dan beretika profesi dalam bidang manajemen dan rekayasa sipil pada Tahun 2019</b></p>	
<p><b>Pelindung :</b> Dekan Fakultas Teknik-UWKS</p> <p><b>Penanggung-Jawab :</b> Ketua Program Studi Teknik Sipil</p> <p><b>Penyunting Ahli :</b> Prof. Dr.Ir. Wateno, MM., MT. Dr.Ir. Miftahul Huda, MM Dr.Ir. Titien Setyo Rini, MT Dr.Ir. Helmy Daryanto, MT Dr. Wendy Boy, ST., MM.</p> <p><b>Tim Editor</b> Ketua : Akhmad Maliki, ST., MT</p> <p><b>Anggota :</b> Johan Paing, ST., MT Yeni Kartikadewi, ST., MT Andaryati, ST., MT Ir. Sri Wulan Purwaningrum. M.Kes</p> <p><b>Pelaksana Tata Usaha :</b> Sugiarto Litasari Candradewi, S.Sos</p> <p><b>Alamat redaksi :</b> Fakultas Teknik –UWKS Jln. Dukuh Kupang XXV/54, Surabaya Telp : 031 5677577 pswt : 135, 134 Email : jurnal.axial@yahoo.com</p>	<p><b>Sekapur Sirih</b></p> <p>Syukur Alhamdulillah kita panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, atas perkenanNya sehingga jurnal Axial Volume 7, Nomor 3, Edisi bulan Desember Tahun 2019 ini terbit.</p> <p>Jurnal axial ini merupakan jurnal Axial terbitan kedua Fakultas Terknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.</p> <p>Dengan terbitnya Jurnal Axial edisi Ketiga tahun 2019 ini, kami selaku penanggungjawab menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terbitnya jurnal ini. Mudah-mudahan kualitas dan keberlanjutan jurnal ini senantiasa akan bermanfaat bagi semua pihak dan sekaligus menjadi cita-cita bersama.</p> <p style="text-align: right;">Surabaya, Desember 2019 Hormat Kami</p> <p style="text-align: right;">Tim Redaksi</p>

Penyunting menerima sumbangan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam jurnal/media lain, dan diketik pada kertas HVS A4, spasi 2 sebanyak maksimal 20 halaman dengan format dan aturan sesuai aturan yang tercantum dalam halaman belakang jurnal ini. Naskah yang masuk akan diedit sesuai dengan format jurnal.

## PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN TANAH *UNDERPASS* MAYJEND SUNGKONO SURABAYA

Muhammad Nasrudin<sup>1</sup>, Siswoyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya  
Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

Email: [bungnasru@gmail.com](mailto:bungnasru@gmail.com)

**Abstrak.** Pemerintah Kota Surabaya akan merencanakan persimpangan tidak sebidang yang berada dibawah jalan lain seperti *underpass*. Pembangunan *underpass* akan dibangun sepanjang 437 meter, terdiri dari empat lajur dua arah, dengan kedalaman *underpass* sampai sedalam -6 meter di bawah muka tanah. Pada tengah bentang *underpass* terdapat konstruksi *overpass* yang cukup besar, sehingga timbul masalah dalam hal penentuan sistem dinding penahan tanah apa yang cocok untuk menahan keseluruhan konstruksi tersebut. Perencanaan ini akan membahas bagaimana perencanaan dinding penahan tanah, Perencanaan dinding penahan tanah menggunakan alternatif dinding penahan tanah tipe *sheet pile*. Hal ini dilakukan untuk menentukan alternatif perencanaan dinding penahan tanah yang paling tepat untuk *underpass* Mayjen Sungkono. Berdasarkan perhitungan, Dinding *Sheet Pile* dengan kedalaman 17 m diketahui momen maksimum terhadap *Sheet Pile* 18,9 t/m di gunakan *Sheet Pile* CPC (*Corrugated Prestressed Concrete*) dengan *Type* W-450 A 1000 dengan *cracking moment* 20,1 t/m Nilai *cracking moment* *Sheet pile* lebih besar dari nilai momen maksimum. Faktor keamanan yang bisa untuk melawan geser terhadap tapak adalah 14,5 dengan nilai sebesar 1,5, Faktor keamanan daya guling 2,49>1,5 lebih besar, Faktor keamanan daya dukung tanah 3,24>3. Jadi dinding *sheet pile* aman.

Kata Kunci : Perencanaan Ulang Dinding Penahan Tanah *Sheet Pile*

### 1 PENDAHULUAN

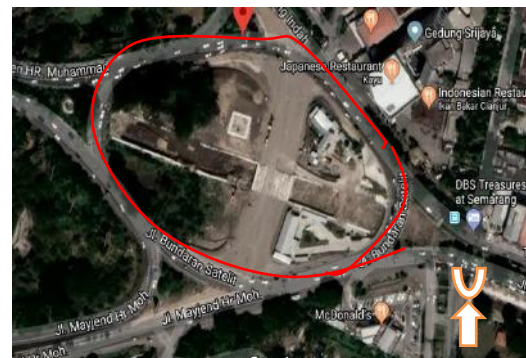
#### 1.1 Latar Belakang

Surabaya sebagai salah satu kota terbesar di Indonesia mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari kemacetan yang sering terjadi, semakin banyak jumlah kendaraan dengan kapasitas jalan yang tidak memadai. Meningkatnya aktivitas-aktivitas di daerah tersebut berdampak terjadi kemacetan lalu lintas terutama di daerah persimpangan dan sekitarnya pada saat tertentu (Adhytiya, 2014). Kemacetan di Kota Surabaya yang cukup padat berada pada bagian Barat Surabaya yaitu berada tepat pada Bundaran satelit Mayjend Sungkono Surabaya. Menurut Dinas Perhubungan Kota Surabaya pada tahun 2014, Lalu lintas harian Rata-rata (LHR) jalan Mayjend Sungkono total 2 arah yaitu timur dan barat.

Perencanaan pembuatan jalan *underpass* dan *overpass* Mayjend Sungkono terletak di kota Surabaya yang merupakan penghubung antar wilayah koridor Timur-Barat, keadaan jalan pada ruas jalan Mayjend Sungkono-HR. Muhammad mengalami kemacetan signifikan. Dengan adanya perencanaan *underpass* ini diharapkan dapat meminimalisir kemacetan dan kelancaran dalam lalu-lintas yang terjadi pada lingkaran barat (Anggia, 2016).

Apabila *underpass* bundaran Mayjend Sungkono kelak sudah dioperasikan, kendaraan dari arah jalan Mayjend Sungkono Surabaya bisa langsung menuju jalan HR Muhammad tanpa harus berpapasan kendaraan yang keluar dari tol.

Begitu juga dari arah sebaliknya. Sehingga alternatif jalan tersebut mampu mengurangi jarak tempuh, baik dari HR Muhammad-Mayjend Sungkono maupun dari jalan tol-Kupang Indah.



**Gambar 1.** Titik Rawan Kemacetan Bundaran Mayjend Sungkono

Sementara jika jalan *overpass* Bundaran Mayjen Sungkono sudah difungsikan, yang tadinya lalu lintas yang ada dalam bundaran ini akan tercover oleh *overpass*. Kepadatan lalu lintas di kawasan bundaran tersebut akan menjadi lancar. Sebab, kendaraan dari arah Kupang Indah yang menuju ruas jalan tol, tidak perlu lagi berputar di Bundaran. Begitu juga kendaraan dari arah tol yang akan menuju ke Kupang Indah, Bisa langsung melalui jalan *overpass* tersebut.

## PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN TANAH *UNDERPASS* MAYJEND SINGKONO SURABAYA (Muhammad Nasrudin, Siswoyo)

Pembangunan *underpass* Mayjend Sungkono Surabaya ini direncanakan akan mengubah fungsi dari bundaran bersinyal menjadi jalan bebas dari persimpangan. *Underpass* akan dibangun sepanjang 437 meter, terdiri dari empat lajur dua arah, dengan kedalaman *underpass* sampai sedalam -7 meter di bawah muka tanah. Awalnya telah direncanakan struktur *underpass* menggunakan konstruksi dinding penahan tanah menggunakan tipe *secant pile* (Adhytiya, 2014).

Pembangunan *underpass* diharapkan tidak merusak konstruksi jalan dan infrastruktur lainnya disekitar proyek. Oleh karena itu sebelum dilakukan galian tanah untuk *underpass*, maka perlu dilakukan penanaman dinding penahan tanah agar tanah disamping *underpass* tetap stabil (Widodo, 2014).

Konstruksi dinding penahan tanah yang digunakan pada proyek tersebut adalah *secant pile*. Namun pelaksanaan *secant pile* membutuhkan waktu pelaksanaan yang panjang karena harus melakukan pengeboran dan pengecoran di tempat yang sama dan tidak dapat dilakukan secara bersamaan dalam satu titik bore pile. Selain itu untuk melanjutkan pada pembuatan *bore pile* yang bertulangan, harus menunggu *bore pile* pengapitnya cukup keras (Suyoso, 2014).

Kelemahan yang sangat mungkin terjadi pada dinding penahan tanah sistem *secant pile* adalah kebocoran air tanah pada bagian *pile bentonite*, sehingga diperlukan adanya pekerjaan dinding pelapis tambahan untuk membuatnya kedap air (Adhytiya, 2014).

Menurut Martha dan Sophie (2011) *secant pile* dalam pelaksanaannya memerlukan lebih banyak material beton dan tulangan serta memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan *concrete sheet pile*. Dengan demikian *concrete sheet pile* dapat dijadikan alternatif sebagai dinding penahan tanah *underpass* Mayjend Sungkono untuk mengurangi waktu pelaksanaan.

Struktur penopang beban lainnya selain *secant pile* yaitu *sheet pile*. *Sheet pile* adalah dinding vertikal relatif tipis yang berfungsi kecuali untuk menahan tanah juga berfungsi untuk menahan masuknya air ke dalam lubang galian (Annisa, 2017)

Perencanaan *concrete sheet pile* sebagai dinding penahan tanah *underpass* Mayjend Sungkono dilakukan dengan menganalisa besarnya tekan tanah lateral berdasarkan teori Rankine dan menentukan gaya-gaya dalam dari diagram tekanan tanah yang bekerja pada struktur

dinding penahan tanah dan menggunakan angka keamanan sebesar 1,5 (Jamil, 2014).

Masalah utama yang dihadapi dalam pembangunan dinding penahan tanah adalah bagaimana menjaga agar fungsi dinding penahan tanah dapat optimal dan berkelanjutan. Faktor utama yang dapat menyebabkan fungsi dinding penahan tanah optimal atau tidak adalah faktor keamanan terhadap stabilitas tekanan tanah lateral aktif, stabilitas penggulingan, stabilitas penggeseran dan stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah.

Oleh sebab itu, pembangunan dinding penahan tanah diupayakan tidak terjadi penggeseran, penggulingan dan keruntuhan yang berlebihan. Bila pembangunan dinding penahan tanah tidak aman terhadap stabilitas maka sewaktu-waktu dapat terjadi longsor dan runtuh yang menyebabkan kerugian. Jadi, pembangunan dinding penahan tanah harus didesain aman terhadap stabilitas yang sudah ditentukan (Husna, 2017)

Analisa geoteknik sangat diperlukan untuk merencanakan struktur *underpass*, karena beban yang bekerja pada *underpass* tidak hanya berasal dari beban lalu lintas saja, namun sebagian besar berasal dari tanah yang mana sangat berpengaruh terhadap stabilitas struktur (Laela, 2017).



**Gambar 2.** Site Plan *Underpass* dan *Overpass* Mayjend Sungkono

### 1.2 Identifikasi Masalah

Dalam perencanaan ini masalah yang diidentifikasi adalah *underpass* akan dibangun sepanjang 437 meter, terdiri dari empat lajur dua arah, dengan kedalaman *underpass* sampai sedalam -7 meter di bawah muka tanah. Awalnya telah direncanakan struktur *underpass* menggunakan konstruksi dinding penahan tanah menggunakan model *secant pile*.

Kelemahan yang sangat mungkin terjadi pada dinding penahan tanah sistem *secant pile* adalah

kebocoran air tanah pada bagian *pile bentonite*, sehingga diperlukan adanya pekerjaan dinding pelapis tambahan untuk membuatnya kedap air. Pelaksanaan *secant pile* membutuhkan waktu pelaksanaan yang panjang karena harus melakukan pengeboran dan pengecoran di tempat yang sama dan tidak dapat dilakukan secara bersamaan dalam satu titik *bore pile*. Selain itu untuk melanjutkan pada pembuatan *bore pile* yang bertulangan, harus menunggu *bore pile* pengapitnya cukup keras. Struktur penopang beban lainnya selain *secant pile* yaitu *sheet pile*. *Sheet pile* adalah dinding vertikal relatif tipis yang berfungsi kecuali untuk menahan tanah juga berfungsi untuk menahan masuknya air ke dalam lubang galian.

### 1.3 Rumusan Masalah

Adapun beberapa permasalahan pada perencanaan, antara lain :

- 1) Berapa kedalaman beban *sheet pile* sebagai alternatif pengganti *secant pile* pada *underpass*?
- 2) Berapa *cracking moment* pada *sheet pile* sebagai dinding penahan tanah ?
- 3) Bagaimana menentukan jenis *sheet pile* yang digunakan pada dinding penahan pada konstruksi *underpass*?
- 4) Bagaimana faktor keamanan stalibitas dinding *sheet pile* sebagai dinding penahan tanah.

### 1.2 Maksud dan Tujuan Perencanaan

Adapun maksud dan tujuan dalam penulisan perencanaan adalah :

- 1) Membuat analisis struktur dinding penahan *underpass* dengan perkuatan *sheet pile*
- 2) Memeriksa keamanan dari *sheet pile* terhadap kemungkinan terjadi daya guling, pergeseran dan daya dukung tanah akibat tekanan tanah lateral antara berat struktur *sheet pile* dengan daya dukung tanah.

### 1.4 Manfaat Perencanaan

Berdasarkan uraian latar belakang, perumusan masalah dan tujuan yang telah diuraikan diatas maka manfaat yang diharapkan dari perencanaan ini adalah :

- 1) Bagi peneliti lain  
Memberikan sumbangan informasi kepada pihak lain untuk melakukan perencanaan lebih lanjut.
- 2) Bagi pelaksana lapangan  
Memberikan informasi yang terkait dengan metode pelaksanaan proyek jalan yakni metode *secant pile* dibandingkan dengan metode *sheet pile*.
- 3) Bagi kontraktor pelaksana

Memberikan informasi tentang perbedaan waktu dan biaya yang diperlukan antara metode *secant pile* dibandingkan dengan metode *sheet pile*.

- 4) Bagi penulis  
Dapat mengetahui manfaat dari metode *sheet pile* sebagai dinding penahan tanah.

### 1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam Perencanaan ini hanya membahas tentang:

- 1) Daerah studi di area *underpass* Mayjend Sungkono Surabaya.
- 2) Menentukan tekanan tanah aktif dan pasif menggunakan teori Rankine.
- 3) Menentukan jenis konstruksi *sheet pile* yang digunakan dengan membandingkan momen maksimal dengan *cracking moment* (*cracking moment* > momen maksimal).
- 4) Menentukan nilai faktor keamanan terhadap guling *sheet pile* dengan membandingkan daya dukung tiang pancang dan tekanan tanah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Menurut Coduto (2001), dinding penahan tanah adalah struktur yang didesain untuk menjaga dan mempertahankan dua muka elevasi tanah yang berbeda. Jenis-jenis penahan tanah (*earth-retaining structure*) beraneka ragam, disesuaikan dengan keadaan lapangan dan aplikasi yang akan digunakan. Menurut Hardiyatmo (2002), bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil.

Menurut Das (2011), dinding turap adalah dinding vertikal relatif tipis yang berbentuk pipih dan panjang, biasanya terbuat dari material baja atau beton yang berfungsi kecuali untuk menahan tanah juga berfungsi untuk menahan masuknya air ke dalam lubang galian. Menurut Hardiyatmo (2002), jenis turap dapat dibagi menurut segi konstruksi (turap tanpa anker dan turap dengan anker), dan jenis turap menurut segi bahan (turap kayu, baja, dan beton bertulang). Turap tanpa anker digunakan untuk perbedaan tinggi tanah ( $h$ ) yang tidak terlalu besar dan sering digunakan untuk pekerjaan yang bersifat semi permanen. Stabilitas konstruksi diperolehnya dari bagian turap yang terjepit didalam tanah sebesar diameter. Turap dengan anker digunakan untuk beda tinggi tanah yang ditahan ( $h$ ) yang cukup besar. Stabilitas konstruksi diperoleh selain dari jepitan tanah di bagian konstruksi turap yang

**PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN TANAH *UNDERPASS* MAYJEND  
SUNGKONO SURABAYA**  
(Muhammad Nasrudin, Siswoyo)

---

tertanam dibawah tanah, juga dibantu adanya konstruksi angker.

Menurut Banta (2013), pondasi merupakan salah satu elemen bangunan yang mempunyai peranan yang sangat penting dalam menyalurkan gaya dari elemen konstruksi bagian atas ke tanah dasar. Oleh sebab itu, kekuatan pondasi harus mempertimbangkan kesesuaian antara beban dari konstruksi dan kemampuan dukung tanah.

Bowles (1997) menyatakan ada dua persyaratan umum yang harus dipenuhi dalam merencanakan pondasi. Pertama, tanah dasar harus mampu mendukung beban konstruksi tanpa mengalami keruntuhan geser (*shear failure*), dan yang kedua penurunan pondasi yang akan terjadi harus dalam batas yang diizinkan. Hasil perencanaan pondasi berupa tipe, kedalaman, dan dimensi pondasi berdasarkan data nilai SPT dapat dibandingkan dengan hasil yang diperoleh berdasarkan data sifat fisis dan mekanis dari pengujian laboratorium.

Perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan data laboratorium dapat menggunakan metode Terzaghi atau metode Meyerhof. Metode perhitungan daya dukung Meyerhof atau Terzaghi mendasarkan pada nilai  $\phi$  ( $f$ ) dan kohesi  $c$  serta berat volume tanah ( $gs$ ). Untuk lokasi pengeboran yang mempunyai sampel UDS berupa tanah lempung juga diuji sifat konsolidasinya, dalam perencanaan ini memakai metode Terzaghi sehingga dapat juga dihitung potensi penurunan dan lama waktu penurunan yang akan terjadi. Daya dukung berdasarkan data uji lapangan dapat menggunakan data SPT atau CPT seperti disarankan oleh Bowles (1997).

## 2.2 Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Dinding penahan tanah adalah bangunan yang digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug ataupun tanah asli. Dinding penahan tanah difungsikan sebagai penahan tanah dan air disekitarnya. Dinding penahan tanah juga dapat membantu untuk proses penggalian. Karena kemampuan untuk menahan aliran air dan menahan tekanan tanah, bangunan dinding penahan tanah banyak digunakan pada proyek proyek seperti *underpass*, irigasi, bangunan jalan raya, serta elemen elemen pondasi seperti bangunan ruang bawah tanah (*basement*), pangkal jembatan (*abutment*) dan lainnya. Ada beberapa jenis dinding penahan tanah seperti *secant pile*, *sheet pile*, dan *diafragma wall*.

Dalam perencanaan ada beberapa pertimbangan dalam pemilihan dinding penahan tanah yang akan digunakan antara lain jenis tanah, level muka air tanah, dan lokasi dan kondisi lingkungan sekitar serta ketersediaan alat yang digunakan. Dalam sistem penahan tanah direncanakan digunakan dinding permanen yang sekaligus dapat digunakan sebagai dinding *basement*. Dinding penahan tanah harus mampu menerima gaya aksial dari kolom yang cukup besar (Surono, 2010).

### 2.2.1 *Secant Pile Wall*

*Secant Pile Wall* pada prinsipnya sama dengan *Contiguous Bored Pile Wall*, merupakan *bored pile* yang disusun segaris, saling memotong satu sama lain, sehingga membentuk dinding penahan yang kedap air dan lebih kuat dibandingkan *sheet pile wall*. *Secant Pile Wall* terdiri dari 2 bagian *pile*, yaitu *primary pile* (*female pile*) dan *secondary pile* (*male pile*).

1. *Primary Pile (female pile)*, merupakan *bored pile* tanpa tulangan, yang dibuat dengan diameter yang lebih kecil dari *secondary pile*. Pada *pile* ini diberi *aditif retarder* untuk memperpanjang waktu *setting* beton, sehingga *pile* ini masih cukup lunak atau lemah pada saat dilakukan pengeboran *secondary pile*. Tujuan *pile* ini dibuat lunak karena pada bagian tertentu dari *pile* ini akan hancur digantikan dengan *secondary pile*.

2. *Secondary Pile (male pile)*, merupakan *bored pile* yang dibuat dengan diameter yang lebih besar dari pada *primary pile* dan diberi tulangan. Pada proses pengerjaan dinding, *pile* ini akan disisipkan diantara *primary pile*. Pengeboran *secondary* akan memotong sebagian *primary pile*, sehingga ketika di cor akan menghasilkan *interlocking joint* antara *pile* yang satu dengan lain.

Dalam penggunaan dinding penahan tanah jenis *secant pile* ini ada keuntungan dan kerugiannya, diantaranya. Keuntungan penggunaan *secant pile*, antara lain:

- 1) Tidak ada resiko kenaikan muka tanah dan peningkatan kekuatan dinding dibanding tidak memakai pondasi jenis ini.
- 2) Kedalaman tiang dapat divariasikan dan bisa langsung dipasang ditengah yang sulit atau berbatu.
- 3) Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium serta konstruksi kurang bising, serta dapat didirikan sebelum penyelesaian tahap selanjutnya.
- 4) Tanah dapat dipasang sampai kedalaman yang dalam, dengan diameter besar, dan dapat dilakukan pembesaran ujung

bawahnya jika tanah dasar berupa lempung atau batu lunak.

- 5) Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Kerugian penggunaan *secant pile*, antara lain:

- 1) Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
- 2) Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
- 3) Air yang mengalir kedalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga dapat mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang.
- 4) Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.
- 5) Akan terjadi tanah runtuh (*ground loss*) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang casing untuk mencegah kelongsoran.
- 6) Kebisingan dan getaran yang dihasilkan, jika casing didorong sebagai pengganti hidrolik mendorong dan diambil casing.
- 7) Toleransi vertikalitas mungkin sulit untuk mencapai pengeboran yang mendalam.

### 2.2.1 Sheet Pile Wall

*Sheet pile wall* merupakan sejumlah *sheet pile* yang disusun sebaris, saling mengunci satu sama lain sehingga membentuk suatu konstruksi dinding penahan tanah sementara maupun permanen, yang mampu menahan beban akibat tekanan tanah dan air dari sebelah luar galian. Pada bagian atas *sheet pile* diberi *capping beam*, untuk mengikat *sheet pile* tersebut agar lebih kaku dan *solid*. Pada saat pemasangan *sheet pile*, perlu dibuat *guide wall* agar dapat tersambung dengan rapi dan lurus. (Surono, 2010).



Gambar 3. Pemancangan Sheet Pile

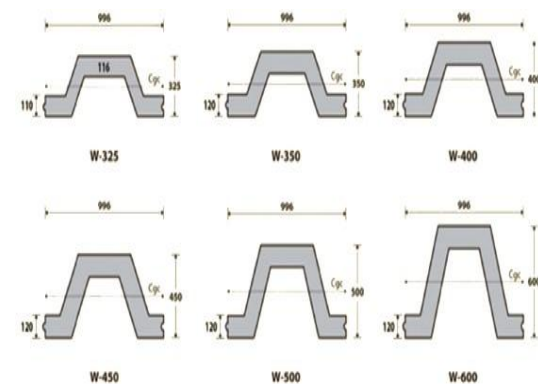
Sedangkan *concrete sheet pile*, dapat dimasukkan ke dalam tanah dengan cara ditekan atau diinjeksi, sehingga getaran yang terjadi akan lebih kecil dibandingkan dengan *steel*

*sheet pile*. Oleh karena itu, *concrete sheet pile* lebih cocok digunakan sebagai struktur penahan tanah di kawasan yang padat, yang jaraknya cukup rapat, resiko retak pada bangunan tetangga sanga sulit dihindarkan, karena pemancangan *sheet pile* akan membuat desakan di dalam tanah, sehingga resiko terjadi retak tetap masih ada.

Tabel 1. Spesifikasi Sheet Pile.

Type	Height	Thick:Ness	Width	Unit Weight	Cracking Moment
	H (mm)	t (mm)	W (mm)	(kg/m)	(ton.m)
W-325 A 1000	325	110	996	329	11.4
B					13.3
W-350 A 1000	350	120	996	368	15.6
B					17.0
W-400 A 1000	400	120	996	400	20.1
B					23.4
W-450 A 1000	450	120	996	459	26.9
B					30.7
W-500 A 1000	500	120	996	455	35.2
B					40.4
W-600 A 1000	600	120	996	525	50.6
B					59.6

*Sheet pile* dari beton (*concrete sheet pile*), terbuat dari batang beton bertulang yang dibuat dengan ukuran penampang dan panjang tertentu, sesuai dengan perencanaan. Pada saat pemancangan *concrete sheet pile*, massa tanah yang dipindahkan cukup besar, sehingga akan menimbulkan desakan tanah di dalam tanah dan perlawanan akibat gaya gesek tanah sepanjang *pile*. maka resiko retak pada bangunan sekitar masih ada, maka perlu diperhitungkan pengerjaan yang efektif, efisien dan ramah lingkungan sehingga dampaknya kecil. Karena pemancangan *sheet pile* akan membuat desakan di dalam tanah, sehingga resiko terjadi retak tetap masih ada.



Gambar 4. Macam Tipe Concrete Sheet Pile

**PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN TANAH UNDERPASS MAYJEND  
SUNGKONO SURABAYA**  
(Muhammad Nasrudin, Siswoyo)

### 2.3 Tekanan Tanah Lateral

Menurut Rankine tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi, dinding penahan dan konstruksi lain yang ada di bawah tanah. Semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas.

Tekanan aktual yang terjadi di belakang dinding penahan cukup sulit diperhitungkan karena begitu banyak variabelnya. Ini termasuk jenis bahan penimbunan, kepadatan dan kadar airnya, jenis bahan di bawah dasar pondasi, ada tidaknya beban permukaan, dan lainnya. Akibatnya, perkiraan detail dari gaya lateral yang bekerja pada berbagai dinding penahan hanyalah masalah teoritis dalam mekanika tanah.

Jika suatu dinding penahan dibangun untuk menahan batuan solid, maka tidak ada tekanan pada dinding yang ditimbulkan oleh batuan tersebut. Tetapi jika dinding dibangun untuk menahan air, tekanan hidrotatis akan bekerja pada dinding. Pembahasan berikut ini dibatasi untuk dinding penahan tanah, perilaku tanah pada umumnya berada diantara batuan dan air, dimana tekanan yang disebabkan oleh tanah jauh lebih tinggi dibandingkan oleh air. Tekanan pada dinding akan meningkat sesuai dengan kedalamannya.

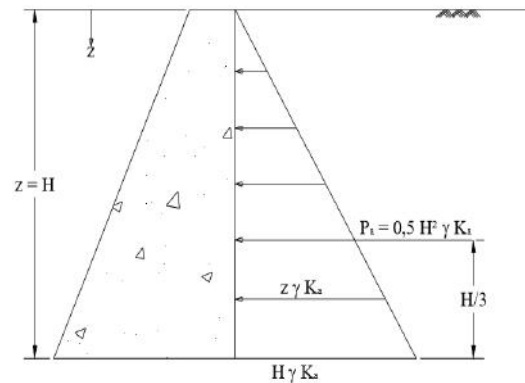
Besarnya tekanan tanah dalam arah lateral ditentukan oleh:

- 1) Besarnya koefisien tekanan tanah aktif, pasif dan keadaan diam
- 2) Besarnya kohesi tanah
- 3) Besarnya beban yang bekerja pada permukaan tanah timbunan

Jenis tanah, tinggi dinding dan tekanan lateral yang bekerja mempengaruhi besarnya perpindahan dinding penahan tanah.

#### 2.3.1 Tekanan Tanah Aktif

Suatu dinding penahan tanah dalam keseimbangannya menahan tekanan tanah horisontal tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien  $k_a$ . Jadi jika berat suatu tanah sampai kedalaman  $h$  maka tekanan tanahnya adalah  $\gamma \times h$  dimana  $\gamma$  adalah berat volume tanah. Dan arah dari tekanan tersebut adalah arahnya vertikal ke atas. Sedangkan untuk mendapatkan tekanan horisontal maka  $K_a$  adalah konstanta yang fungsinya mengubah tekanan vertikal tersebut menjadi tekanan horisontal.



**Gambar 5.** Tekanan Tanah Aktif.

Menurut Teori Rankine:

1. Nilai  $K_a$  untuk permukaan tanah datar :

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$1) \text{ Atau } \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- $K_a$  = Koefisien tanah aktif
- $\gamma$  = Berat isi tanah ( $\text{g/cm}^3$ )
- $H$  = Tinggi dinding (m)
- $\phi$  = Sudut geser tanah ( $^\circ$ )

2. Tekanan tanah aktif dengan kohesi nol ( $c = 0$ )

Tekanan horisontal tanah :

$$\rho_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \dots\dots\dots(2.3)$$

- 3)

Dimana :

- $\rho_a$  = Tekanan tanah Aktif
- $\gamma$  = Berat isi tanah ( $\text{g/cm}^3$ )
- $H$  = Tinggi dinding (m)
- $K_a$  = Koefisien tanah aktif

#### 2.3.2 Tekanan Tanah Pasif

Suatu dinding penahan tanah dapat terdorong kearah tanah yang ditahan. Gaya tahan ini dikenal dengan tekanan tanah pasif, yang berlawanan dengan arah tekanan tanah aktif. Tekanan tanah pasif mempunyai koefisien sebesar  $K_p$  pada Gambar 2.7.

Menurut Teori Rankine:

1. Nilai  $K_p$  untuk permukaan tanah datar :

$$K_p = \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Atau } K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- $K_p$  = Koefisien tanah pasif
- $\gamma$  = Berat isi tanah ( $\text{g/cm}^3$ )
- $H$  = Tinggi dinding (m)



$\phi$  = Sudut geser tanah ( $^{\circ}$ )

2. Tekanan tanah pasif dengan kohesi nol ( $c = 0$ )

Tekanan horisontal tanah :

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H K_p \dots\dots\dots(2.6)$$

6)

Dimana :

$P_p$  = Tekanan tanah Pasif

$\gamma$  = Berat isi tanah ( $\text{g/cm}^3$ )

$H$  = Tinggi dinding (m)

$K_p$  = Koefisien tanah pasif

## 2.4 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Hardiyatmo (2002), menyatakan bahwa gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah meliputi :

- Berat sendiri dinding penahan ( $W$ )
- Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug ( $P_a$ )
- Gaya tekanan tanah pasif total di depan dinding ( $P_p$ )
- Tekanan air pori di dalam tanah ( $P_w$ )
- Reaksi tanah dasar ( $R$ ).

### 2.4.1 Stabilitas Terhadap Geser

Gaya-gaya geser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

- Gesekan antara tanah dan dasar pondasi.
- Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terhadap tanah timbunan.

Faktor keamanan untuk melawan geseran paling sedikit harus 1,5 untuk tekanan tanah pasif diabaikan dan kira-kira 2,0 untuk tekanan pasif diperhitungkan, yang dihitung sebagai berikut:

Faktor aman terhadap geseran ( $F_{gs}$ ) didefinisikan sebagai :

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5 \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk tanah kohesif

$$\sum R_h = c_a B \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

$\sum R_h$  = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran ( $\text{kN/m}$ )

$\sum P_h$  = jumlah gaya-gaya horisontal ( $\text{kN}$ )

$c$  = kohesi tanah dasar ( $\text{kN/m}^2$ )

$B$  = lebar pondasi (m)

### 2.4.2 Stabilitas Terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Momen guling ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat pondasi. Faktok keamanan yang bisa untuk melawan guling

terhadap tapak adalah 1,5 disarankan untuk tanah kohesif yang dihitung sebagai berikut:

Faktor aman akibat guling ( $F_{gl}$ ), didefinisikan sebagai

$$F_{gl} = \frac{\sum M_t}{\sum M_g} > 1,5 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$F_{gl}$  : Faktor aman akibat guling

$\sum M_t$  : Momen terhadap berat sendiri pondasi ( $\text{kNm}$ )

$\sum M_g$  : Momen terhadap tekanan tanah aktif ( $\text{kNm}$ )

Gaya-gaya horisontal dan vertikal pada dinding akan menimbulkan tegangan pada tanah. Apabila tegangan yang timbul melebihi tegangan.

### 2.4.3 Stabilitas Lereng

Taufik (2011), Dalam buku pondasi 2 menerangkan faktor penyebab yang mempengaruhi terjadinya longsoran ditentukan oleh menurunnya faktor keamanan kemantapan lereng sehingga menjadi kurang dari batas keseimbangan. Hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kriteria faktor keamanan adalah resiko yang dihadapi, Kondisi beban dan parameter yang digunakan dalam melakukan analisis kemantapan lereng. Resiko yang dihadapi dibagi menjadi tiga, yaitu : tinggi, menengah, dan rendah. Dalam analisis harus dipertimbangkan kondisi beban yang menyangkut gempa dan tanpa gempa (normal).

Rumus :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\tau_d = C_d + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(2.14)$$

$$F_k = \frac{\tau_d}{\tau_f} = 1,5 \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

$C$  = Kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma$  = Gaya tekanan tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$F_s > 1,5$  Lereng dalam keadaan stabil

### 2.4.4 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Dukung Tanah

Hardiyatmo (2002), Menyebutkan beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah, Seperti persamaan-persamaan kapasitas dukung Terzaghi (1943), Meyerhof (1951,1963) dan Hansen (1961). Berikut dapat dilihat pada tabel 2.3.

a) Persamaan Terzaghi

Kapasitas dukung ultimit ( $q_u$ ) untuk pondasi memanjang dinyatakan oleh persamaan :

**PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN TANAH *UNDERPASS* MAYJEND  
SUNGKONO SURABAYA**  
(Muhammad Nasrudin, Siswoyo)

$$q_u = cN_c + D_f \gamma q + 0,5B\gamma N_r \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

$C$  = kohesi tanah ( $kN/m^2$ ) ;

$D_f$  = kedalaman pondasi (m) ;

$\gamma$  = berat volume tanah ( $kN/m^3$ ) ;

$B$  = lebar fondasi dinding penahan tanah (m)

$N_c, N_q$  dan  $N_r$  = faktor-faktor kapasitas dukung Tergazhi

### 2.5 Kedalaman Turap

Hariady (2013), Dalam Buku Pondasi 2 menerangkan tentang pengembangan hubungan untuk kedalaman penanaman tiang turap yang dibutuhkan ke dalam didalam tanah granular. Tanah yang akan ditahan oleh dinding turap, berada diatas garis galian, adalah juga tanah granular.

Permukaan air tanah berada pada kedalaman  $H$  dari puncak tiang. Ambillah sudut geser Tanah sebagai  $\phi$ . Intensitas tekanan aktif pada kedalaman  $Z=H$  dapat dinyatakan sebagai berikut :

Menghitung Dteoritis dengan persamaan:

$$D(4c - q') - 2DPa - \left( \frac{Pa(12cy+Pa)}{2c+q'} \right) = \dots \dots \dots (2.17)$$

$$\frac{Ptotal \times ((12 \times c \times z) + Ptotal)}{(2xc)+2q'} = 0 \dots \dots \dots (2.18)$$

Untuk factor keamanan kedalaman penetrasi untuk *Sheet Pile* ditambahkan 20% - 60%

$$D' = 1,4 - 1,6 \cdot Dteoritis \dots \dots \dots (2.19)$$

Panjang Total *Sheet Pile*:

$$D' + H \dots \dots \dots (2.20)$$

## 3 METODE PERENCANAAN

### 3.1 Konsep Perencanaan

Perencanaan ini adalah perencanaan yang membandingkan efektifitas perencanaan kontruksi dinding penahan tanah ditinjau dari dua aspek biaya dan waktu, studi kasus pada proyek Pembangunan *Overpass* dan *Underpass* Bundaran Satelit Mayjend Sungkono Surabaya yang dikerjakan oleh PT. Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk. sebagai kontraktor pelaksanaan.

### 3.2 Pengumpulan Data

#### 1. Penyelidikan lapangan (*Survey*)

Data didapatkan secara langsung dengan mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dari sumber yang dapat dipercayai.

#### 2. Wawancara (*Interview*)

Dengan teknik wawancara, data dikumpulkan dengan cara mengajukan pertanyaan secara langsung kepada responden yang terkait dengan proyek yang dibahas.

#### 3. Pengamatan (*Observasi*)

Adalah upaya merekam kejadian yang terjadi dilapangan tanpa mengubah perilaku atau suasana obyek yang diamati. Pengumpulan data dilakukan dengan cara melihat langsung fakta-fakta yang ada di lokasi proyek.

#### 4. Dokumentasi dengan cara pengambilan foto di lapangan keperluan pengumpulan data dan melengkapi perencanaan ini.

#### 5. Studi kepustakaan dilakukan dengan mencari buku-buku dan sumber.

### 3.3 Metode Analisis

Setelah data yang diperlukan diperoleh, Selanjutnya data tersebut di analisis yang nantinya akan digunakan dalam perencanaan teknis. Sebuah perencanaan dalam prosesnya memerlukan analisis yang teliti, Semakin banyak permasalahan yang dihadapi maka semakin kompleks pula analisis yang harus dilakukan. Dalam melakukan analisis yang baik diperlukan suatu data atau informasi, Teori konsep dasar, Sehingga kebutuhan akan data sangat mutlak diperlukan. Tahapan ini dilakukan analisis data sebagai berikut :

Analisis data dibagi menjadi beberapa tahap antara lain :

#### 1. Analisis Parameter tanah

Tanah adalah suatu benda padat berdimensi tiga terdiri dari panjang lebar dalam yang merupakan bagian dari kulit bumi. Kata tanah seperti banyak kata umumnya mempunyai beberapa pengertian. Pengertian tradisional, tanah adalah medium alami untuk pertumbuhan tanaman dan merupakan daratan. Pengertian lain, tanah berguna sebagai pendukung pondasi bangunan dan sebagai bahan bangunan itu sendiri, seperti batu bata, paving blok. Faktor yang mempengaruhi daya dukung tanah antara lain : jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, dan lain lain. Tingkat kepadatan tanah dinyatakan dalam presentase berat volume ( $\gamma_d$ ) terhadap berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmaks}$ ).

#### 2. Analisis Dinding Penahan (Teori Rankine)

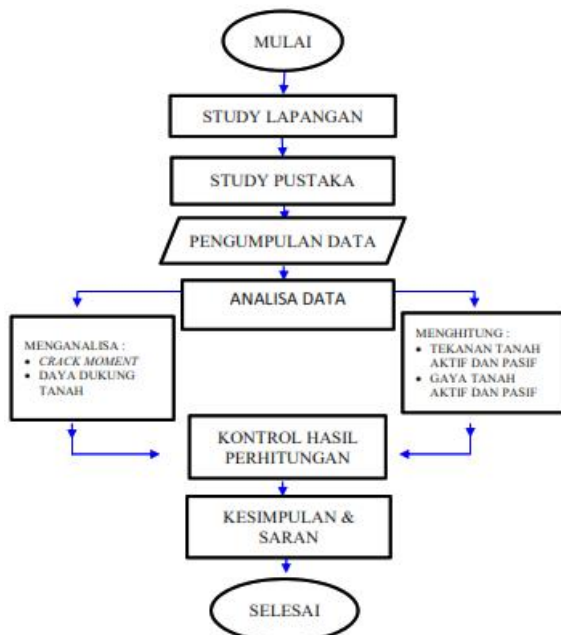
Rankine (1857) menyelidiki keadaan tegangan didalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis yaitu suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik didalam massa tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh. Pada dasarnya anggapan-anggapan yang digunakan sama dengan Coulomb kecuali bahwa Rankine

menganggap tidak ada kohesi dan gesekan pada dinding guna menyederhanakan persoalan pada analisisnya.

Dalam uraiannya dibedakan menjadi dua keadaan yaitu tekanan tanah aktif dan pasif dengan koefisien yang berbeda. Nilai banding tekanan horisontal dan vertikal tanah yang ada di belakang disebut koefisien tekanan tanah aktif sedang yang ada di depannya disebut koefisien tekanan tanah pasif.

3. Stabilitas Dinding Penahan Tanah
  - Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah meliputi :
    - a. Berat sendiri dinding penahan (W)
    - b. Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug ( $P_a$ )
    - c. Gaya tekanan tanah pasif total di depan dinding ( $P_p$ )
    - d. Tekanan air pori di dalam tanah ( $P_w$ )
    - e. Reaksi tanah dasar (R).
4. Perhitungan Turap
  - a. Kedalaman *sheet pile*
  - b. Momen maksimum

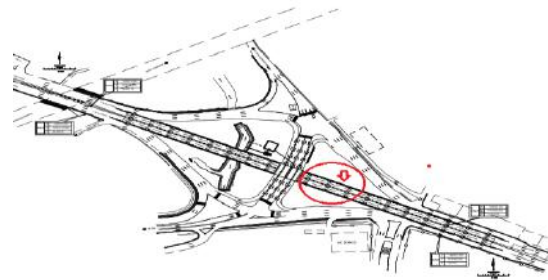
### 3.4 Tahapan Perencanaan



Gambar 6. Diagram Alur Perencanaan

### 3.5 Lokasi Perencanaan

Lokasi merupakan tempat studi kasus dimana perencanaan itu dilakukan, di *underpass* Mayjend Sungkono Surabaya yang terletak di bundaran jalan Mayjend Sungkono No.153, Putat Gede, Kec.Suko manunggal, Kota Surabaya. Dengan tinggi  $H = 6$  meter pada elevasi  $-6.00$  meter pada tanah asli pada Gambar 1:



Gambar 7. Lokasi *Underpass* Mayjend Sungkono Surabaya

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Dinding Penahan Tanah

#### 4.1.1 Existing *secant pile*

Dinding penahan tanah menggunakan *secant pile* merupakan perencanaan *existing* dari proyek *underpass* Mayjend Sungkono. Struktur ini merupakan kombinasi antara penggunaan beton *bore pile* dengan beton *bentonite* tanpa tulangan sebagai berikut:

Direncanakan:

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Diameter = 1 Meter
- Tulangan utama 19D25 = ( $A_s = 6433,982\text{mm}^2$ )
- Tulangan geser =  $\emptyset 12 - 150$
- $M_{max} = 82.660 \text{ t/m}$

#### 4.1.2 Perencanaan *Sheet Pile*

*Sheet pile* yang digunakan dari beton (*concrete sheet pile*), terbuat dari batang beton prategang yang dibuat dengan ukuran penampang dan panjang tertentu sebagai pengganti *secant pile*.

### 4.2 Data parameter

parameter tanah yang digunakan untuk perencanaan dinding penahan tanah adalah pendekatan dari hasil penyelidikan tanah berupa Standard Penetration Test (SPT) oleh Laboratorium Mekanika Tanah ITS – Surabaya. Dari data tanah diperoleh :

**PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN TANAH *UNDERPASS* MAYJEND  
SUNGKONO SURABAYA**  
(Muhammad Nasrudin, Siswoyo)

**Tabel 2.** Parameter Tanah Bundaran Mayjend Sungkono

Kedalaman (m)	Deskripsi	N	$\gamma_{sat}$	$\gamma_d$	$\phi$	$C_u$
			(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	( $^{\circ}$ )	(t/m <sup>2</sup> )
Lapis1 0.00-5.00	Lempung SOFT	4	1.753	1.288	37,6	1.018
Lapis2 5.00-10.00	Lempungberlanau MEDIUM	8	1.769	1.291	44,7	1.044
Lapis3 10.00-	Pasirberlanau MEDIUM	15	1.691	1.166	44,7	1.247
Lapis4 15.00-	Pasirberlanau VERY DENSE	36	1.606	1.053	44,7	1.488

#### 4.3 Dinding Penahan Tanah Sebelum Dipakai *Underpass*

Tanah 1 :

$\gamma_1 = 17,53 \text{ kN/m}^3$  (berat volume tanah1)

$C = 10,08 \text{ kN/m}^2$  (kohesi tanah)

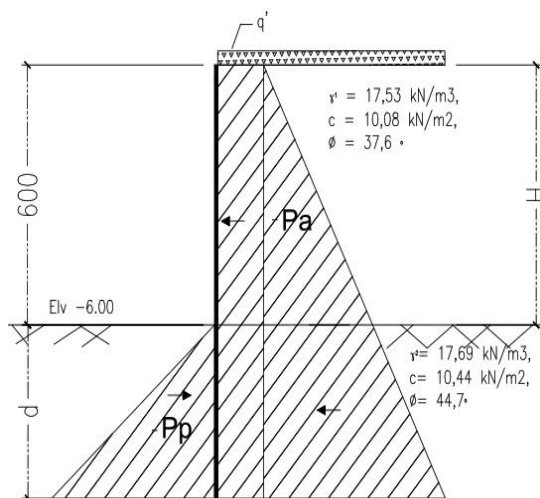
$\phi = 37,6^{\circ}$  (sudut gesek dalam tanah)

Tanah 2 :

$\gamma_2 = 17,69 \text{ kN/m}^3$  (berat volume tanah 2)

$C_2 = 10,44 \text{ kN/m}^2$  (kohesi tanah)

$\phi_2 = 44,7^{\circ}$  (sudut gesek dalam tanah)



**Gambar 8.** Dinding Penahan Tanah Sebelum Dipakai *Underpass*

##### 4.3.1 Tekanan Tanah Aktif

a. Koefisien Tanah Aktif

Parameter yang diketahui :  $\gamma_1 = 17,53 \text{ kN/m}^3$ ;  $h = 6 \text{ m}$ ;  $\phi = 37,6^{\circ}$

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$K_a = \frac{1 - \sin 37,6}{1 + \sin 37,6}$$

$$K_a = \frac{0,3898}{1,6101}$$

$$K_a = 0,242$$

b. Tanah Urugan ( $q'$ ):

$$q' = \gamma \cdot H_{urug} \cdot K_a$$

$$= 17,53 \times 1 \times 0,242$$

$$= 4,2 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban akibat merata  $q'$

$$P_{a1} = q' \times H \times K_a$$

$$= 4,2 \times 6 \times 0,242$$

$$= 6,09 \text{ kN/m}^2$$

d. Beban akibat Tanah di atas

$$P_{a2} = 1/3 \times (\gamma \times H^2 \times K_a)$$

$$= 1/3 \times (17,53 \times 6^2 \times 0,242)$$

$$= 51,92 \text{ kN/m}^2$$

e. Beban total tekanan tanah aktif

$$P_{a\text{total}} = P_{a1} + P_{a2}$$

$$= 3,04 + 51,92$$

$$= 54,96 \text{ kN/m}^2$$

##### 4.3.2 Tekanan Tanah Pasif

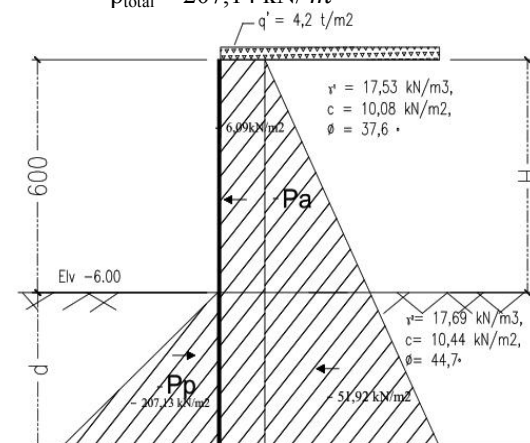
a. Beban akibat Tanah di atas

$$P_{p2} = 1/3 \times \gamma \times H \times K_p$$

$$= 1/3 \times 17,69 \times 6 \times 5,74$$

$$= 207,14 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{total}} = 207,14 \text{ kN/m}^2$$



**Gambar 9.** Tekanan Tanah Sebelum Dipakai *Underpass*

##### 4.4 Dinding Penahan Tanah Sesudah Dipakai *Underpass*

Tanah 1 :

$\gamma_1 = 17,53 \text{ kN/m}^3$  (berat volume tanah1)

$C = 10,08 \text{ kN/m}^2$  (kohesi tanah)

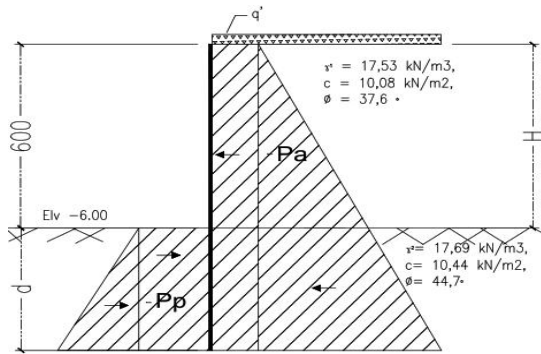
$\phi = 37,6^{\circ}$  (sudut gesek dalam tanah)

Tanah 2 :

$\gamma_2 = 17,69 \text{ kN/m}^3$  (berat volume tanah 2)

$C_2 = 10,44 \text{ kN/m}^2$  (kohesi tanah)

$\phi_2 = 44,7^{\circ}$  (sudut gesek dalam tanah)



**Gambar 10.** Dinding Penahan Tanah Sesudah Dipakai *Underpass*

**4.4.1 Tekanan Tanah Aktif**

a. Koefisien Tanah Aktif

Parameter yang diketahui :  $\gamma_1 = 17,53 \text{ kN/m}^3$ ;  $h = 6 \text{ m}$ ;  $\varphi = 37,6^\circ$

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

$$K_a = \frac{1 - \sin 37,6}{1 + \sin 37,6}$$

$$K_a = \frac{0,3898}{1,6101}$$

$$K_a = 0,242$$

b. Tanah Urugan ( $q'$ ):

$$q' = \gamma \cdot H_{\text{urug}} \cdot K_a$$

$$= 17,53 \times 1 \times 0,242$$

$$= 4,2 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban akibat merata  $q'$

$$P_{a1} = q' \times H \times K_a$$

$$= 4,2 \times 6 \times 0,242$$

$$= 6,09 \text{ kN/m}^2$$

d. Beban akibat Tanah di atas

$$P_{a2} = \frac{1}{3} \times (\gamma \times H^2 \times K_a)$$

$$= \frac{1}{3} \times (17,53 \times 6^2 \times 0,242)$$

$$= 51,92 \text{ kN/m}^2$$

e. Beban total tekanan tanah aktif

$$P_{a\text{total}} = P_{a1} + P_{a2}$$

$$= 3,04 + 51,92$$

$$= 54,96 \text{ kN/m}^2$$

**4.4.2 Tekanan Tanah Pasif**

a. Koefisien Tanah Pasif

Parameter yang diketahui :  $\gamma_1 = 17,69 \text{ kN/m}^3$ ;  $h = 6 \text{ m}$ ;  $\varphi = 44,7^\circ$

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin 44,7}{1 - \sin 44,7}$$

$$K_p = \frac{1,7033}{0,2966}$$

$$K_p = 5,74$$

a. Beban kendaraan ( $q$ ) :

Menurut RSNI – E – 02 – 2016, nilai  $q$  untuk bentang  $L \leq 30$  Perhitungan Angka Ekuivalen Kendaraan

Angka ekuivalen sumbu tunggal =  $\frac{(\text{beban sumbu tunggal})^4}{8,16}$

Angka ekuivalen sumbu ganda =  $\frac{(\text{beban sumbu tunggal})^4}{8,16}$

Angka ekuivalen kendaraan :

1. Kendaraan bermotor (0,5 ton) = 0,5

$$\left(\frac{0,5}{8,16}\right)^4 = 1,409 \text{ t/m}^2$$

2. Kendaraan ringan (8 ton) = (3 + 5)

$$\left(\frac{3}{8,16}\right)^4 + \left(\frac{5}{8,16}\right)^4$$

$$= 0,0183 + 0,141$$

$$= 0,1593 \text{ t/m}^2$$

3. Kendaraan berat (20 ton) = 6 + (7 + 7)

$$= \left(\frac{6}{8,16}\right)^4 + 0,086 \left(\frac{14}{8,16}\right)^4$$

$$= 0,2923 + 0,7452$$

$$= 1,0375 \text{ t/m}^2$$

$$1,409 + 0,1593 + 1,0375$$

$$= 2,6 \text{ t/m}^2$$

b. Beban akibat merata  $q$  :

$$P_{p1} = q \times H \times K_p$$

$$= 2,6 \times 6 \times 5,74$$

$$= 89,54 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban akibat Tanah di atas

$$P_{p2} = \frac{1}{3} \gamma \times H \times K_p$$

$$= \frac{1}{3} \times 17,69 \times 6 \times 5,74$$

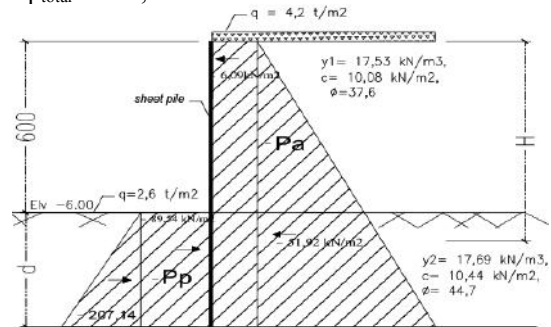
$$= 207,14 \text{ kN/m}^2$$

d. Beban total tekanan tanah Pasif

$$P_{p1} + P_{p2}$$

$$89,54 + 207,14$$

$$P_{p\text{total}} = 296,68 \text{ kN/m}^2$$



**Gambar 11.** Tekanan Tanah Sesudah *Underpass*

**4.5 Perhitungan Stabilitas Dinding Sheet Pile**

Tanah 1 :  $c_1 = 10,08 \text{ kN/m}^2$ ;  $\varphi_1 = 37,6^\circ$ ;  $\gamma_1 = 17,53 \text{ kN/m}^3$ .

Tanah 2 :  $c_2 = 10,44 \text{ kN/m}^2$ ;  $\varphi_2 = 44,7^\circ$ ;  $\gamma_2 = 17,69 \text{ kN/m}^3$ .

$\gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^3$  (berat volume beton)

Hitungan gaya-gaya vertikal dinding dan momen pada tabel berikut:

**PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN TANAH UNDERPASS MAYJEND SINGKONO SURABAYA**

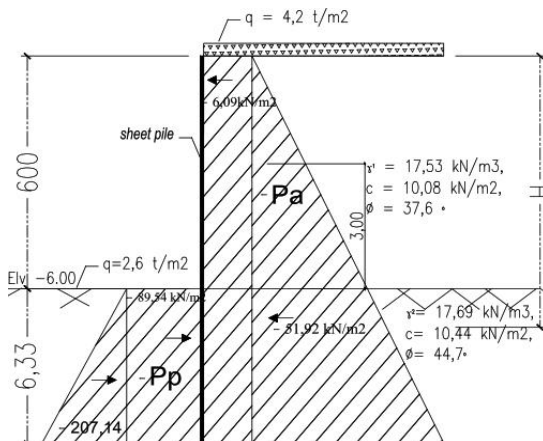
(Muhammad Nasrudin, Siswoyo)

**Tabel 3.** Gaya Vertical dan Momen *Sheet Pile*

	Berat W (kN)	Jarak m	Momen (kN)
Pa <sub>1</sub>	(6,09)(0,5)(6)(24)=43 8,48	0,5	219,24
Pa <sub>2</sub>	1/3(51,92)(6)=105,91	0,5	52,95
Pp <sub>1</sub>	89,54(3)=268,62	0,5	134,31
Pp <sub>2</sub>	0,34(207,14)(3)=211, 15	0,5	105,57
	ΣW = 1024,16		Mr=512, 07

Jarak Z diperoleh dari momen gaya-gaya aktif terhadap Pa sama dengan nol pada Gambar 4.4.:

$$\frac{1}{Pa \text{ total}} \times \left( \frac{Pa_{total} \times H}{2} \right) \frac{1}{54,96} \times \left( \frac{54,96 \times 6}{2} \right) = 3 \text{ m jarak Z}$$



**Gambar 12.** Jarak z dari Momen Gaya Aktif

Tekanan tanah aktif total dan momen dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 3.2** Tekanan tanah aktif dan momen guling

Tekanan tanah aktif total, Pa (kN)	Jarak (m)	Momen (kN)
4,2 x 6 x 0,242 = 6,09	3	18,27
1/3 x 5 x (17,53x6 <sup>2</sup> x 0,242) = 51,92	3	155,76
ΣPa = 54,96		ΣM <sub>gl</sub> = 174,03

- a. Hasil perhitungan stabilitas terhadap geser  
Tahanan geser pada dinding sepanjang B = 1m, sudut gesek δ<sub>b</sub> = φ dan adhesi c<sub>d</sub> = c<sub>2</sub>  
R<sub>h</sub> = c<sub>d</sub>B + ΣWtg φ  
= (10,44 x 1) + (1024,16 x tan 44,7)  
= 10,44 + (1024,16 x 0,98)

$$= 1014,11 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} = \frac{1014,11}{54,96} = 18,45 > 2$$

(Ok)

- b. Hasil perhitungan stabilitas terhadap guling

$$F_{gl} = \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_{gl}} = \frac{512,07}{174,03} = 2,94 > 1,5 \text{ (Ok)}$$

- c. Hasil perhitungan stabilitas lereng

$$\tau_d = C_d + \sigma \tan \phi_d$$

$$= 10,44 + 296,68 (\tan 44,7)$$

$$= 10,44 + 296,68 = 301,18 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

$$= 10,08 + 54,96 (\tan 37,6)$$

$$= 10,08 + 42,31 = 52,39 \text{ kN/m}^2$$

$$F_k = \frac{\tau_d}{\tau_f} = > 1,5$$

$$F_k = \frac{301,18}{54,96} = 5,47 \text{ (Ok)}$$

- d. Stabilitas terhadap keruntuhan daya dukung tanah

Untuk φ = 44,7 dari Lampiran Tabel 2.3

Terzaghi diketahui: N<sub>q</sub> = 173,3, N<sub>c</sub> = 172,3, dan N<sub>γ</sub> = 297,5.

$$q_{ult} = cN_c + D_f \gamma q + 0,5B\gamma N_\gamma$$

$$= (10,08)(173,3) + (10,5)(17,69)(2,6) + (0,5)(1)(17,69)(297,5)$$

$$= 1746,86 + 482,93 + 2631,38$$

$$= 4861,17 \text{ kN/m}^2$$

Bila dihitung dengan berdasarkan lebar pondasi efektif yaitu tekanan pondasi ke tanah dasar terbagi rata, maka :

$$q' = \frac{V}{B'} = \frac{1497,51}{1} = 1497,51 \text{ kN/m}^2$$

Faktor aman terhadap daya dukung :

$$F = \frac{q_u}{q'} = \frac{4861,17}{1497,51} = 3,24 > 3$$

(Ok)

**4.6 Kedalaman Sheet Pile**

- a. Menghitung kedalaman penetrasi (D'):

$$D(4c - q') - 2DPa - \left( \frac{Pa(12cy + Pa)}{2c + q'} \right) = 0$$

$$4c - q' = (4 \times 10,08) - 2,6 = 37,72 \text{ kN/m}$$

$$P_{total} \times ((12 \times c \times z) + P_{total})$$

$$\frac{(2xc) + 2q'}{54,96 \times (12 \times 10,08 \times 3) + 54,96}$$

$$= 363,88$$

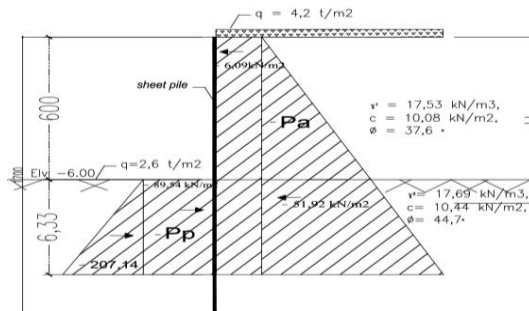
$$\text{Persamaan } 37,72 D^2 - 363,88 - 319,34 = 0$$

Dengan *Trial And Error* dapat dilihat didapatkan nilai kedalaman pembedaan *sheet pile* (D) didapatkan :D 6,33 m, Untuk faktor keamanan kedalaman penetrasi untuk *sheet pile* ditambahkan 20% - 60%

$$.D' = 1,6D = 1,6 \times 6,33 = 10,128$$

Panjang Total *Sheet Pile*:

$$D' + H = 10,128 + 6 = 16,128 \text{ m} = 17 \text{ meter}$$



Gambar 13. Kedalaman Sheet Pile

#### 4.7 Menghitung Momen Maksimum

$$z' = \frac{Pa_{total}}{d} \frac{5,496}{6,33} = 0,86 \text{ m}$$

$$M_{maks} = Pa_{total} (z+z') - \frac{d \cdot z^2}{2}$$

$$5,496 (3+0,86) - \frac{6,33 \cdot 0,73^2}{2}$$

$$M_{maks} = 21,21 - 2,31 = 18,9 \text{ ton/m}$$

Diperoleh nilai momen maksimum 18,9 ton/m maka di gunakan *Sheet pile* CPC (*Corrugated Prestressed Concrete*) dengan *Type* W-400 A 1000 dengan *cracking moment* 20,1 Ton.m. Nilai *cracking moment* *Sheet Pile* lebih besar dari nilai moment maksimum maka dapat dipakai sebagai dinding penahan tanah *underpass* Mayjend Sungkono Surabaya.

## 4 KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

- 1)Diperoleh kedalaman *sheet pile* sebesar 6,33 m dan setelah penambahan factor keamanan 60% maka menjadi sebesar 10,128 m. Panjang total *sheet pile* sebesar 16,128 m dan dibulatkan menjadi 17 meter
- 2)Momen maksimum *Sheet Pile* 18,9 t/m maka di gunakan *Sheet Pile* CPC (*Corrugated Prestressed Concrete*) dengan *Type* W-450 A 1000 dengan kemampuan *cracking moment* 20,1 t/m Nilai *cracking moment* *Sheet pile* lebih besar dari nilai momen maksimum maka dapat dipakai sebagai dinding penahan tanah *underpass* Mayjend Sungkono Surabaya.
- 3)Faktor keamanan yang bisa untuk melawan geser terhadap tapak adalah 18,45 dengan nilai sebesar 1,5, Faktor keamanan daya guling 2,94 > 1,5 lebih besar, Faktor keamanan daya dukung tanah 3,24 > 3. Jadi dinding *sheet pile* aman.

### 4.2 Saran

Dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan, maka dapat disarankan hal – hal sebagai berikut:

- 1)Sebelum melakukan analisis dan perhitungan *sheet pile* pelajari berbagai macam literatur mengenai perencanaan sejenis.
- 2)Untuk melakukan analisis perencanaan dibutuhkan data-data yang akurat sehingga hasil yang didapat sesuai dengan yang diinginkan.
- 3)Perencanaan dinding penahan tanah harus benar-benar diperhatikan pembebanannya hingga analisa stabilitasnya.
- 4)Perlu dikembangkan dengan bantuan *software* FLAXIS

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhinta, 2017. Analis Struktur Dinding Penahan Rob Dengan *Sheet Pile*.Skripsi Universitas Sultan, Agung Semarang
- Braja M.Das 1998. Mekanika Tanah 2 :Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J. E. 1991. Analisa dan desain Pondasi : Edisi Keempat Jilid 1. Erlangga,Jakarta.
- Didiet, Aditya. 2014. Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah *Underpass* Mayjend Sungkono Surabaya. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
- Hariady, Taufik. 2013. Rekayasa Pondasi II.Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. Analisis dan Perancangan Pondasi I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Jamil, Abdurrahim. 2014. Perencanaan Ulang Dinding Penahan Tanah *Underpass* Dewa Ruci Metode Sheet Pile.Skripsi Universitas Jember, Jember
- Sosrodarsono, suyono. 1994. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. PT Pradya Paramita,Jakarta.

**PERENCANAAN ULANG DINDING PENAHAN TANAH *UNDERPASS* MAYJEND  
SUNGKONO SURABAYA**

(Muhammad Nasrudin, Siswoyo)

---

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan