

# STUDI POLA DEFORMASI LATERAL DINDING PENAHAN TANAH TIPE *COUNTERFORT* MENGGUNAKAN METODE ANALITIK DAN PROGRAM PLAXIS (STUDI KASUS: SUNGAI PEDINDANG)

Muhammad Tri Adityasis<sup>1,a</sup>, Yayuk Apriyanti<sup>1</sup>, Endang Setyawati Hisyam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>)Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung  
Jalan Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung  
Kelurahan Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka  
33172

<sup>a</sup>)email korespondensi: [muhammadtriadityasis3@gmail.com](mailto:muhammadtriadityasis3@gmail.com)

## ABSTRAK

Dinding penahan tanah merupakan struktur yang dirancang untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan dari batu, tanah urug, tanah asli yang labil, ataupun material lainnya. Dinding penahan tanah (DPT) pada studi ini merupakan DPT tipe *counterfort* yang berfungsi memperbesar stabilitas lereng sungai dan melindungi struktur oprit jembatan dari pengaruh fluktuasi muka air Sungai Pedindang. Studi ini bertujuan untuk menganalisis nilai *safety factor* (*SF*) stabilitas, penurunan, dan pola deformasi lateral DPT eksisting dari tiga kondisi muka air sungai. Metode analisis yang digunakan adalah metode analitik dan program Plaxis 2D. Data yang digunakan adalah data primer berupa sampel tanah timbunan dan data sekunder berupa hasil sondir tanah dasar, gambar teknis, dan kedalaman sungai. Berdasarkan hasil metode analitik diperoleh nilai *SF* stabilitas terhadap geser  $5,12 \geq 1,5$  (aman), guling  $7,37 \geq 2$  (aman), keruntuhan kapasitas dukung tanah  $23,41 \geq 3$  (aman) dan nilai penurunan  $0,00646 \text{ m} < 0,012 \text{ m}$  (aman) yaitu pada kondisi muka air kering. Kondisi muka air normal diperoleh nilai *SF* stabilitas terhadap geser  $4,78 \geq 1,5$  (aman), guling  $5,39 \geq 2$  (aman), keruntuhan kapasitas dukung tanah  $20,43 \geq 3$  (aman) dan nilai penurunan  $0,00596 \text{ m} < 0,012 \text{ m}$  (aman). Kondisi muka air banjir diperoleh nilai *SF* stabilitas terhadap geser  $3,70 \geq 1,5$  (aman), guling  $3,54 \geq 2$  (aman), keruntuhan kapasitas dukung tanah  $12,56 \geq 3$  (aman) dan nilai penurunan  $0,00504 \text{ m} < 0,012 \text{ m}$  (aman). Hasil menggunakan program Plaxis diperoleh nilai *SF* stabilitas pada kondisi muka air kering, normal, dan banjir berturut-turut  $3,23 \geq 1$  (aman),  $3,17 \geq 1$  (aman), dan  $2,89 \geq 1$  (aman). Nilai deformasi tertinggi pada kondisi muka air kering sebesar 7,18 m dan deformasi terendah pada kondisi muka air normal sebesar 5,62 m. Dapat disimpulkan stabilitas dan penurunan DPT eksisting menunjukkan kategori aman berdasarkan syarat batas aman SNI 8460:2017.

**Kata kunci:** Dinding Penahan Tanah, Deformasi Lateral, Sungai, Plaxis 2D

## PENDAHULUAN

Sungai Pedindang yang melintasi Kota Pangkalpinang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, memiliki peran yang signifikan dalam kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan masyarakat di sepanjang aliran sungai. Sebagai salah satu sungai utama di Kota Pangkalpinang, Sungai Pedindang tidak hanya menyediakan sumber daya air untuk kebutuhan sehari-hari, tetapi juga mendukung untuk aktivitas rekreasi, penyediaan sumber energi, dan mendukung ekosistem air di dalamnya. Menurut Gustama dkk. (2018), panjang dari Sungai Pedindang ini mencapai 15,93 km dihitung dari hulu yang berada di Desa Mangkol Kabupaten Bangka Tengah hingga hilir sungai yang berada di Stasiun Pengukuran Tinggi Muka Air (AWLR) Kota Pangkalpinang dengan luas sub DAS Pedindang 35,14 km<sup>2</sup>.

Seperti halnya sungai-sungai pada umumnya, Sungai Pedindang memiliki kondisi morfologi yang beragam di sepanjang aliran sungai dan kemiringan lereng sungai

yang bervariasi diantara 0 – 40% (Bayu dkk., 2019), sehingga rentan mengalami erosi. Dampak dari erosi pada tebing sungai dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan sungai dalam menampung aliran air akibat sedimentasi berlebih di dasar sungai (Hariati dkk., 2022). Untuk melindungi tebing sungai dari erosi, banyak rekayasa keteknikan yang dapat di adopsi salah satunya dengan membangun dinding penahan tanah di sepanjang tebing sungai yang rentan mengalami erosi dan kelongsoran.

Menurut Hardiyatmo (2020), dinding penahan tanah merupakan struktur yang digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah timbunan atau tanah asli yang labil. Pada beberapa kasus di sungai, dinding penahan tanah dapat berfungsi untuk melindungi struktur jembatan dan menjaga stabilitas lereng di sekitar oprit jembatan.

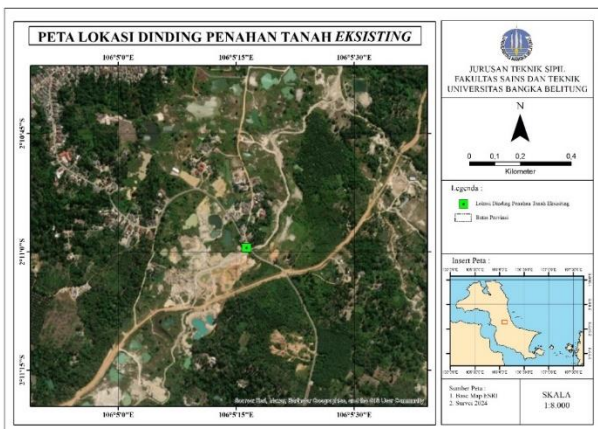
Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). Deformasi dapat disebut juga perubahan kedudukan maupun bentuk dari suatu kondisi awal. Pada dinding penahan tanah,

deformasi lateral erat kaitannya dengan pengaruh tekanan tanah lateral yang mengakibatkan suatu dinding penahan tanah mengalami pergeseran, penurunan, dan mempengaruhi nilai *safety factor* stabilitas.

Melalui artikel ini akan dianalisis dan dijelaskan tentang pola deformasi lateral dinding penahan tanah eksisting menggunakan metode analitik dan program PLAXIS 2D yang dipengaruhi variabel air sungai.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi yaitu lokasi dinding penahan tanah eksisting dan lokasi pengujian sampel tanah. Lokasi dinding penahan tanah eksisting berada di tebing Sungai Pedindang yaitu pada koordinat geografis 2°10'60" LS dan 106°5'16,5" BT dan masuk ke ranah kerja dari Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Mangkol 2 Jalan Terak – Balai, Kecamatan Simpang Katis, Kabupaten Bangka Tengah. Sementara itu, untuk lokasi pengujian sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung yaitu pada koordinat geografis 2°4'13,7" LS dan 106°4'41,6" BT. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 20 Februari 2024 hingga tanggal 27 Juli 2024. Peta lokasi dan situasi dinding penahan tanah eksisting dapat dilihat berturut-turut pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Dinding Penahan Tanah Eksisting



**Gambar 2.** Dinding Penahan Tanah Eksisting

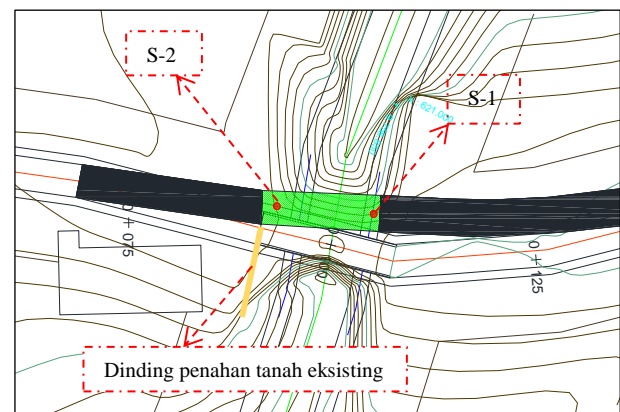
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan meliputi sampel tanah timbunan dan hasil observasi lapangan. Sementara itu, data sekunder yang digunakan meliputi gambar teknis dinding penahan tanah, hasil uji sondir tanah dasar, kedalaman air sungai pedindang, dan studi pustaka. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat uji laboratorium dan alat dalam proses analisis seperti *software* PLAXIS 2D, AutoCAD 2D, dan Microsoft Office.

Tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur → survei lapangan → pengumpulan data primer dan data sekunder → pemodelan geometri penampang melintang lapisan tanah dan dinding penahan tanah eksisting → (Metode Analitik: analisis stabilitas dinding penahan tanah → analisis penurunan dinding penahan tanah) → (Program Plaxis: *Input* → *calculation* → *output*) → pembahasan → simpulan dan saran.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Parameter Tanah Dasar**

Nilai parameter tanah dasar pada penelitian ini ditentukan berdasarkan hasil korelasi dari data hasil pengujian sondir di lapangan. Titik sondir yang digunakan adalah titik yang terdekat dengan dinding penahan tanah eksisting. Dengan demikian, hasil sondir pada titik S-2 yang kemudian digunakan sebagai data masukkan untuk menentukan klasifikasi, konsistensi, dan parameter tanah yang dapat mewakili kondisi tanah dasar pada dinding penahan tanah eksisting. Interval kedalaman sondir diambil pada tiap kedalaman 1 meter (Wahyudi dan Mutia, 2018). Peta titik sondir S-2 dapat dilihat pada Gambar 3 dan hasil rekapitulasi parameter tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 1.



**Gambar 3.** Titik Lokasi Pengujian Sondir

**Tabel 1.** Parameter Tanah Dasar

Depth (m)	Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	$\gamma_b$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu$	$E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	$k$ (m/hari)
0 – 1	Lempung berlanau	Kaku	20,14	20,33	25	49,03	0,45	13.500	4,32 x 10 <sup>-4</sup>

Depth (m)	Jenis Tanah	Konsistensi Tanah	$\gamma_b$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu$	$E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	$k$ (m/hari)
1 – 2	Lempung	Kaku	20,14	20,33	20	49,03	0,45	13.500	4,32 x 10 <sup>-4</sup>
2 – 3	Lempung	Kaku	20,14	20,33	20	49,03	0,45	13.500	4,32 x 10 <sup>-4</sup>
3 – 4	Lempung	Sangat kaku	20,14	20,33	20	114,39	0,45	25.000	4,32 x 10 <sup>-4</sup>
4 – 5	Lempung	Keras	20,14	20,33	20	196,13	0,45	45.000	4,32 x 10 <sup>-4</sup>
5 – 6	Lempung	Sangat kaku	20,14	20,33	20	196,13	0,45	25.000	4,32 x 10 <sup>-4</sup>

**B. Parameter Tanah Timbunan**

Nilai parameter tanah timbunan ditentukan berdasarkan hasil uji laboratorium sampel tanah timbunan dan hasil korelasi berdasarkan jenis tanah timbunannya. Parameter berat volume tanah ( $\gamma$ ) didapatkan dari hasil pengujian berat isi tanah. Parameter sudut geser ( $\phi$ ) dan kohesi ( $c$ ) didapatkan dari hasil pengujian *direct shear test*. Jenis tanah diketahui berdasarkan pengujian analisis saringan dan *atterberg limit* yang kemudian hasilnya diplot menggunakan metode USCS. Parameter rasio poisson ( $\mu$ ), modulus elastisitas ( $E_s$ ), dan permeabilitas ( $k$ ) didapatkan dari hasil korelasi berdasarkan jenis tanahnya. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi parameter tanah timbunan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Parameter Tanah Timbunan

Parameter Tanah	Satuan	Hasil
Jenis tanah		Pasir berlanau
Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ )	kN/m <sup>3</sup>	18,63
Berat volume tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ )	kN/m <sup>3</sup>	19,62
Sudut geser ( $\phi$ )	°	38,444
Kohesi ( $c$ )	kN/m <sup>2</sup>	23,892
Rasio poisson ( $\mu$ )		0,25
Modulus Elastisitas ( $E_s$ )	kN/m <sup>2</sup>	19.000
Permeabilitas ( $k$ )	m/hari	4,363 x 10 <sup>-1</sup>

**C. Parameter Struktur DPT**

Nilai parameter struktur DPT diperoleh melalui hasil kajian studi pustaka dari beberapa artikel jurnal terkait. Nilai-nilai parameter ini digunakan sebagai data *input* untuk analisis Program PLAXIS 2D. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi parameter struktur DPT yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Parameter Struktur DPT

Parameter	Satuan	Hasil
<b>Dinding Penahan Tanah</b>		
Modulus elastisitas ( $E_c$ )	kN/m <sup>2</sup>	2,35 x 10 <sup>7</sup>
Rasio poisson ( $\mu_c$ )		0,20
Berat volume ( $\gamma_c$ )	kN/m <sup>3</sup>	24
<b>Cerucuk</b>		
Modulus elastisitas ( $E_g$ )	kN/m <sup>2</sup>	1,399 x 10 <sup>7</sup>
Rasio poisson ( $\mu_g$ )		0,33
Berat volume ( $\gamma_g$ )	kN/m <sup>3</sup>	8,2

**D. Kedalaman Air Sungai Pedinding**

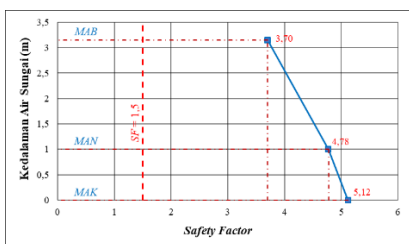
Kedalaman air Sungai Pedinding merupakan variabel pengaruh untuk memperoleh hubungan kedalaman air sungai terhadap pola deformasi lateral dinding penahan tanah eksisting. Berikut ini merupakan nilai kedalaman air Sungai Pedinding ditinjau dari tiga kondisi yaitu, kondisi muka air kering (*MAK*), muka air normal (*MAN*), dan muka air banjir (*MAB*) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kedalaman Air Sungai

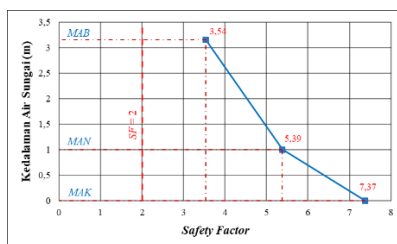
Kedalaman air sungai (m)	Kondisi	Keterangan
0	Muka Air Kering ( <i>MAK</i> )	Kondisi 1
1	Muka Air Normal ( <i>MAN</i> )	Kondisi 2
3,15	Muka Air Banjir ( <i>MAB</i> )	Kondisi 3

**E. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah**

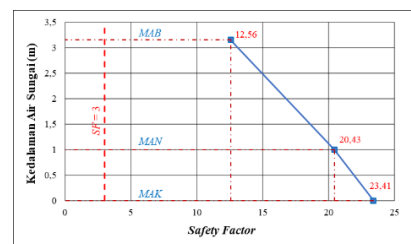
Perhitungan nilai *safety factor* (*SF*) stabilitas dinding penahan tanah eksisting mengacu pada SNI 8460:2017 yaitu untuk menganalisis stabilitas terhadap geser, guling, dan keruntuhan kapasitas dukung tanah. Hasil analisis disajikan dalam bentuk garfik hubungan kedalaman air sungai terhadap nilai *SF* pada masing-masing stabilitas yang dapat dilihat pada Gambar 4.



a) Stabilitas terhadap geser



b) Stabilitas terhadap guling



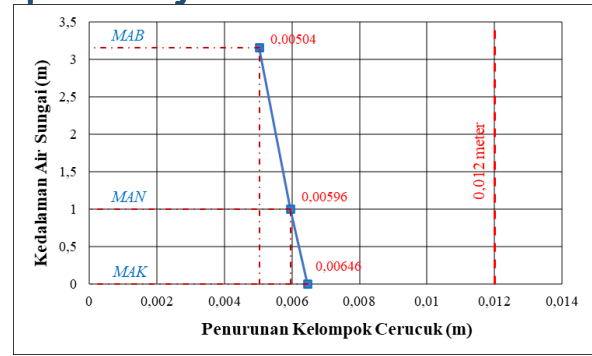
c) Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

**Gambar 4.** Grafik Hubungan Kedalaman Air Sungai terhadap Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan kedalaman air sungai terhadap nilai *safety factor* (*SF*) stabilitas dinding penahan tanah (DPT). Dari tiga grafik tersebut memiliki pola kecenderungan yang sama dimana semakin meningkatnya kedalaman air sungai maka nilai *SF* stabilitas DPT akan semakin berkurang. Hal ini menunjukkan peningkatan resiko keruntuhan DPT akan semakin besar seiring dengan semakin bertambahnya tinggi muka air sungai. Meskipun demikian, nilai *SF* stabilitas DPT eksisting masih di atas ambang batas aman dibuktikan dengan semua hasil analisis stabilitas berada di sisi kanan dari garis batas nilai minimum *SF* yang berlaku berdasarkan SNI 8460:2017.

**F. Analisis Penurunan Dinding Penahan Tanah**

Analisis penurunan dinding penahan tanah eksisting ditinjau berdasarkan penurunan yang terjadi pada kelompok cerucuk di bawah struktur utama. Nilai batas aman penurunan cerucuk maksimum 10% dari diameter cerucuk (Hardiyatmo, 2020), dengan diameter cerucuk sebesar 12 cm. Dengan demikian, penurunan cerucuk yang ditoleransi sebesar 0,012 meter. Jika penurunan kelompok cerucuk lebih besar dari nilai batas toleransi maka dinding penahan tanah eksisting berpotensi mengalami masalah. Grafik hubungan kedalaman air sungai terhadap nilai penurunan kelompok cerucuk pada dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.

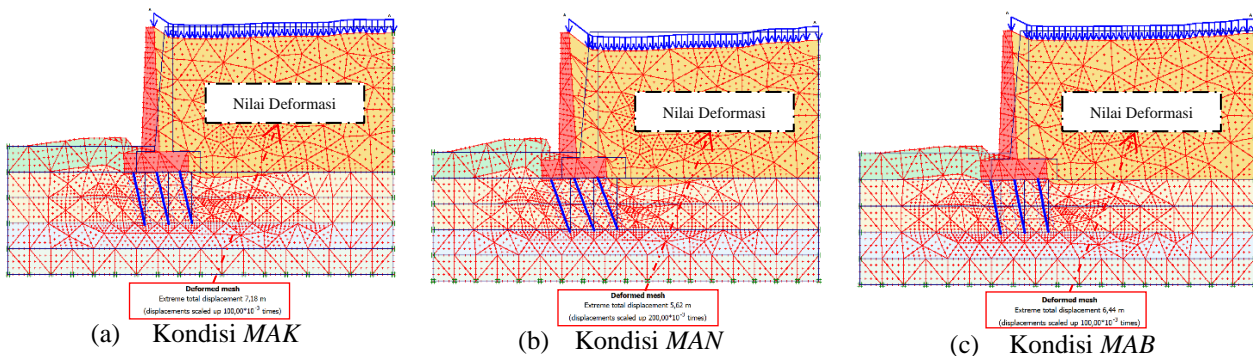


**Gambar 5.** Grafik Hubungan Kedalaman Air Sungai terhadap Penurunan Dinding Penahan Tanah.

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh nilai penurunan kelompok cerucuk pada kondisi muka air kering, normal, dan banjir berturut-turut sebesar 0,00646 m; 0,00596 m; dan 0,00504 m. Berdasarkan nilai-nilai tersebut didapatkan hubungan kedalaman air sungai terhadap nilai penurunan dinding penahan tanah yaitu semakin bertambahnya kedalaman air sungai maka nilai penurunan dinding penahan tanah akan semakin berkurang.

**G. Analisis Program PLAXIS 2D**

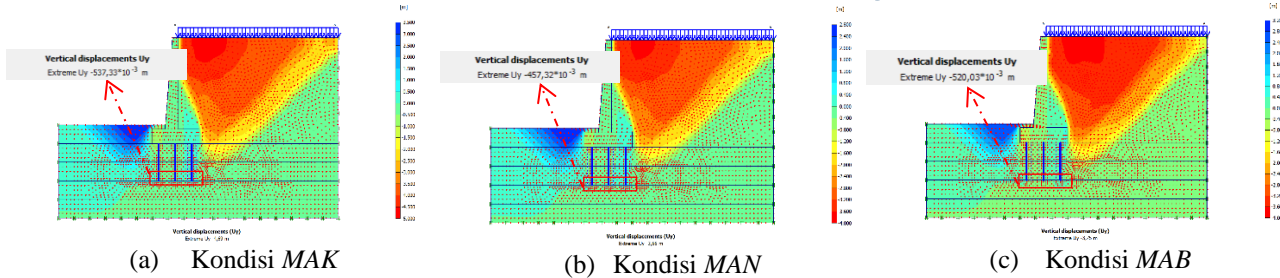
Analisis program PLAXIS 2D dilakukan melalui serangkaian tahapan yaitu *input*, *calculation* dan *Output*. *Output* merupakan tahapan yang menghasilkan bentuk deformasi, nilai *displacements* vertikal dan horizontal, dan nilai *safety factor* yang ditinjau dari tiga kondisi yaitu kondisi muka air kering, muka air normal, dan muka air banjir. Hasil tahapan *output* dari analisis program PLAXIS 2D dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



**Gambar 6.** Deformasi Lateral Dinding Penahan Tanah pada Kondisi MAK, MAN, dan MAB

Berdasarkan Gambar 6 nilai *extreme total displacement* pada dinding penahan tanah dengan beban merata di atasnya pada kondisi muka air kering sebesar 7,18 m dan pola deformasinya dapat dilihat pada Gambar 6(a). Sementara itu, besarnya nilai *extreme total displacement* pada kondisi muka air normal sebesar 5,62 m dan pola deformasinya dapat dilihat pada Gambar 6(b).

Sedangkan, besarnya nilai *extreme total displacement* pada kondisi muka air banjir sebesar 6,44 m dan pola deformasinya dapat dilihat pada Gambar 6(c). Berdasarkan nilai-nilai tersebut, bahwa kondisi muka air kering memiliki nilai *extreme total displacement* yang paling besar dan nilai *extreme total displacement* yang paling kecil terjadi pada kondisi muka air normal.

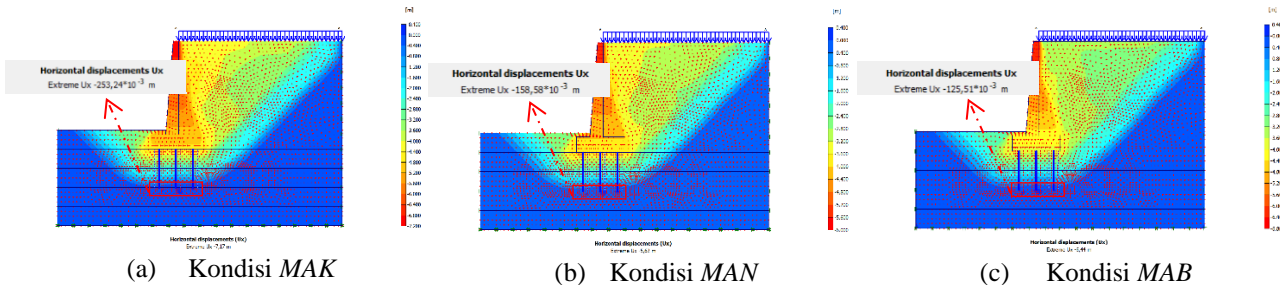


Gambar 7. Displacements Vertikal Dinding Penahan Tanah pada Kondisi MAK, MAN, dan MAB

Warna-warna pada Gambar 7 menunjukkan tingkat kecenderungan tanah untuk mengalami perpindahan ke bawah atau perpindahan ke atas. Warna merah menunjukkan kecenderungan tanah untuk mengalami perpindahan ke bawah (penurunan) dan warna biru menunjukkan kecenderungan tanah untuk mengalami perpindahan ke atas. Berdasarkan gambar tersebut dinding penahan tanah pada kondisi muka air kering, muka air normal, dan muka air banjir memiliki pola kecenderungan yang sama dimana kecenderungan tanah untuk mengalami perpindahan ke bawah terjadi pada tanah timbunan, dan kecenderungan tanah untuk

mengalami perpindahan ke atas terjadi pada tanah dasar di depan dinding penahan tanah.

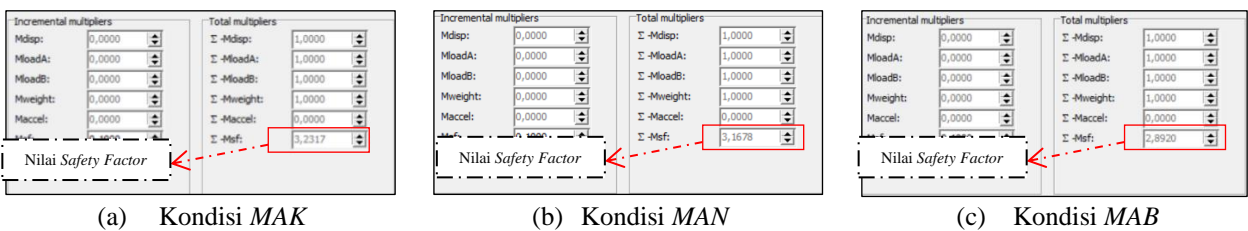
Tinjauan *displacements* vertikal dilakukan pada dasar cerucuk untuk mendapatkan nilai penurunan dinding penahan tanah secara keseluruhan. Pada Gambar 7(a) menunjukkan besar nilai *displacements* vertikal sebesar 0,537 m (kebawah). Gambar 7(b) menunjukkan besar nilai *displacements* vertikal sebesar 0,457 m (kebawah). Dan Gambar 7(c) menunjukkan besar nilai *displacements* vertikal sebesar 0,520 m (kebawah). Nilai *displacements* vertikal terbesar terjadi pada kondisi muka air kering dan nilai *displacements* terkecil terjadi pada kondisi muka air normal.



Gambar 8. Displacements Horizontal Dinding Penahan Tanah pada Kondisi MAK, MAN, dan MAB

Warna-warna pada Gambar 8 menunjukkan tingkat kecenderungan tanah untuk bergeser. Warna merah menunjukkan kecenderungan tanah untuk mengalami pergeseran maksimum dan warna biru menunjukkan kecenderungan tanah untuk mengalami pergeseran minimum. Berdasarkan gambar-gambar tersebut dinding penahan tanah pada kondisi muka air kering, muka air normal, dan muka air banjir memiliki pola kecenderungan yang sama dimana kecenderungan tanah untuk bergeser maksimum terjadi di kepala dinding penahan tanah dan kecenderungan tanah untuk bergeser minimum terjadi pada tanah dasar di sekitar cerucuk.

Tinjauan *displacements* horizontal dilakukan pada dasar cerucuk untuk mendapatkan nilai pergeseran dinding penahan tanah secara keseluruhan. Pada Gambar 8(a) menunjukkan besar nilai *displacements* horizontal sebesar 0,253 m (kekiri). Gambar 8(b) menunjukkan besar nilai *displacements* horizontal sebesar 0,159 m (kekiri). Dan Gambar 8(c) menunjukkan besar nilai *displacements* horizontal sebesar 0,126 m (kekiri). Berdasarkan nilai-nilai tersebut didapatkan hubungan kedalaman air sungai terhadap nilai *displacements* horizontal yaitu semakin bertambahnya kedalaman air sungai maka nilai *displacements* horizontal akan semakin berkurang.



Gambar 9. Nilai Safety Factor Stabilitas Dinding Penahan Tanah pada Kondisi MAK, MAN, dan MAB

Berdasarkan Gambar 9(a) diperoleh nilai *safety factor* (*SF*) stabilitas dinding penahan tanah pada kondisi muka air kering adalah 3,2317. Sementara itu, berdasarkan

Gambar 9(b) nilai *SF* stabilitas dinding penahan tanah pada kondisi muka air normal adalah 3,1678. Dan berdasarkan Gambar 9(c) nilai *SF* stabilitas dinding

penahan tanah pada kondisi muka air banjir adalah 2,8920. Berdasarkan nilai-nilai tersebut didapatkan hubungan kedalaman air sungai terhadap nilai *SF* stabilitas dinding penahan tanah yaitu semakin bertambahnya kedalaman air sungai maka nilai *SF* stabilitas dinding penahan tanah akan semakin berkurang.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode analitik diperoleh nilai *safety factor (SF)* stabilitas dan penurunan di semua kondisi kedalaman air sungai menunjukkan kategori aman berdasarkan syarat batas aman SNI 8460:2017. Sementara itu, hasil analisis melalui program PLAXIS 2D diperoleh nilai *SF* stabilitas di semua kondisi kedalaman air sungai menunjukkan kategori aman. Nilai deformasi tertinggi pada kondisi muka air kering sebesar 7,18 m dan deformasi terendah pada kondisi muka air normal sebesar 5,62 m.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dinas PU Kabupaten Bangka Tengah dan Balai Wilayah Sungai Bangka Belitung atas data sekunder yang telah diberikan. Terima kasih kepada rekan-rekan penulis yang telah membantu untuk memperoleh data primer. Serta, terima kasih kepada Program Studi Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung yang telah mewadahi penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 3423:2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1967:2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1966:2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-3637-1994 Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus dengan Cetakan Benda Uji*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 3420:2016 Metode Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1965:2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Bayu, H.H., dkk. 2019. *Analisis Kinerja DAS Pedidang Pasca Tambang Timah Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Bangka Belitung*. Jurnal Ilmu Tanah Lingkungan, Vol. 21 (2), Hal. 72 – 77.
- Gustama, dkk. 2018. *Kesesuaian Hidrograf Satuan Sintetik Terhadap Hidrograf Satuan Terukur (Studi Kasus Sub Sub Daerah Aliran Sungai Pedidang Bagian Tengah)*. Jurnal Fropil, Vol. 6 (1), Hal. 29 – 44.
- Hardiyatmo, H.C. 2019. *Mekanika Tanah I*, Edisi ke – 7. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2019. *Mekanika Tanah II*, Edisi ke – 6. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2020. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Edisi ke – 4. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2022. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, Edisi ke – 5. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hariati, F., dkk. 2022. *Simulasi Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Laju Erosi Lahan Menggunakan Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciseel*. Jurnal of Civil Engineering, Vol.11 (1), Hal. 52 – 61.
- Kuang, Shanlong. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications*. Ann Arbor Press.Inc, Michigan.
- Wahyudi dan Mutia. 2018. *Interpretasi Hasil Uji Penetrasi Kerucut Statis (Cone Penetration Test/CPT/Sondir) di Kawasan Bandar Udara Fatmawati Soekarno Bengkulu*. Jurnal Agregat, Vol. 3 (2), Hal. 229 – 234.