

**UPAYA PENINGKATAN DINDING PENAHAN TANAH
SESUAI SPESIFIKASI TEKNIS LINTAS BANJAR-KROYA
KM 315+840 s.d. 402+100**

KERTAS KERJA WAJIB



Diajukan Oleh:

MUHAMMAD FA'IQ FIRDAUS

NOTAR: 18.03.041

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD
PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN
TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
BEKASI
2021**

**UPAYA PENINGKATAN DINDING PENAHAN TANAH
SESUAI SPESIFIKASI TEKNIS LINTAS BANJAR-KROYA
KM 315+840 s.d. 402+100**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Program Studi
Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya



Diajukan Oleh:

MUHAMMAD FA'IQ FIRDAUS

NOTAR: 18.03.041

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD
PROGRAM STUDI DIPLOMA III MANAJEMEN
TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN
BEKASI
2021**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Kertas Kerja Wajib (KKW) ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Fa'iq Firdaus

Nomor Taruna : 18.03.041

Tanda Tangan :

Tanggal : 05 Agustus 2021

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Fa'iq Firdaus

Notar : 18.03.041

Program Studi : Diploma III Manajemen Transportasi perkeretaapian

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD. **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non – exclusive Royalty –Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

UPAYA PENINGKATAN DINDING PENAHAN TANAH SESUAI SPESIFIKASI TEKNIS LINTAS BANJAR-KROYA KM 315+840 s.d. 402+100

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bekasi

Pada tanggal: 05 Agustus 2021

Yang menyatakan

(Muhammad Fa'iq Firdaus)

KERTAS KERJA WAJIB

**UPAYA PENINGKATAN DINDING PENAHAN TANAH
SESUAI SPESIFIKASI TEKNIS LINTAS BANJAR-KROYA
KM 315+840 s.d. 402+100**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh

MUHAMMAD FA'IQ FIRDAUS

Nomor Taruna: 18.03.041

Telah di Setujui oleh :

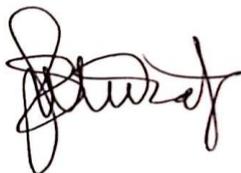
PEMBIMBING



Ir. DJOKO SEPTANTO, MM

Tanggal: 22 Agustus 2021

PEMBIMBING



SUMANTRI WIDYA PRAJA, M. Sc, M. Eng

Tanggal: 23 Agustus 2021

KERTAS KERJA WAJIB
UPAYA PENINGKATAN DINDING PENAHAN TANAH
SESUAI SPESIFIKASI TEKNIS LINTAS BANJAR-KROYA
KM 315+840 s.d. 402+100

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian

Oleh:

MUHAMMAD FA'IQ FIRDAUS

Nomor Taruna: 18.03.041

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 25 AGUSTUS 2021
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

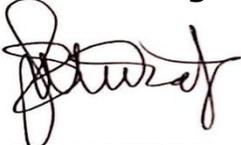
Pembimbing



Ir. DJOKO SEPTANTO, MM
NIP. 19570919 198703 1 007

Tanggal: 2 September 2021

Pembimbing



SUMANTRI W. PRAJA, M. Sc, M. Eng
NIP. 19820619 200912 1 003

Tanggal: 2 September 2021

DIII Manajemen Transportasi Perkeretaapian
POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT INDONESIA-STTD
BEKASI, 2021

KERTAS KERJA WAJIB
UPAYA PENINGKATAN DINDING PENAHAN TANAH
SESUAI SPESIFIKASI TEKNIS LINTAS BANJAR-KROYA
KM 315+840 s.d. 402+100

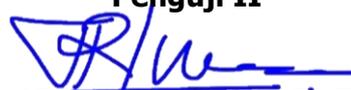
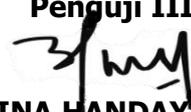
Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

MUHAMMAD FA'IQ FIRDAUS

Nomor Taruna: 18.03.041

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 10 AGUSTUS 2021
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

DEWAN PENGUJI

<p>Penguji I</p>  <p><u>ABADI SASTRODIJOTO, MH</u></p>	<p>Penguji II</p>  <p><u>Ir. YUNANDA R, ST. MT. IPM</u> NIP. 19810626 200604 1 001</p>
<p>Penguji III</p>  <p><u>SABRINA HANDAYANI, MT</u> NIP. 19870929 201012 2 001</p>	

MENGETAHUI,
KETUA PROGRAM STUDI
MANAJEMEN TRANSPORTASI PERKERETAAPIAN


Ir. BAMBANG DRAJAT, MM
NIP.195812281989031002

ABSTRACT

One type of testing of railway infrastructure is the first test of railway lines and buildings in which there is a test of retaining walls. The problems that existed during the first test of the Banjar - Kroya retaining wall were still many conditions that did not comply with the 2017 Technical Specifications.

Testing of retaining walls is carried out using a visual investigation method on distillation pipes and cracks referring to the 2017 Technical Specifications concerning Technical Requirements for Retaining Walls with Reinforced Concrete. This study also uses quantitative analysis by calculating active earth pressure, passive earth pressure, hydrostatic pressure, lifting force, building's own weight, moment due to earthquake force, and stability of retaining wall.

Based on the analysis of the existing condition of the Banjar – Kroya retaining wall, there are components that are not yet available and do not meet the requirements stated in the Standard Technical Specification S.14 concerning Retaining Walls with Reinforced Concrete, namely drainage pipes and dilation, damaged concrete such as lumps and porous, and the stability of the retaining wall against shear under normal and earthquake conditions does not meet the safety rating, namely 2. For concrete that is porous, it can be repaired by the Grouting method, for concrete that is chipped, it can be repaired by giving Epoxy injection into the damaged concrete. cracked. Meanwhile, efforts to increase the stability of the retaining wall against shear, namely by changing the dimensions of the retaining wall.

Keywords : Retaining Wall, Retaining Wall Stability.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan petunjuk dan limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Kertas Kerja Wajib (KKW) dengan Judul **"UPAYA PENINGKATAN DINDING PENAHAN TANAH SESUAI SPESIFIKASI TEKNIS LINTAS BANJAR-KROYA KM 315+840 s.d. 402+100"** tepat pada waktunya. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan yang sangat baik ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan kepada :

1. Orang tua tercinta saya Ayah Khoiri dan Ibu Encif Farida, serta adik tersayang Siti Khoirunisa yang mana telah memberikan doa dan dukungan moral maupun spiritual.
2. Bapak Hindro Surahmat, ATD., M.Si selaku Direktur Perkeretaapian Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD
3. Bapak Ir. Bambang Drajat, MM selaku Ketua Program Studi Diploma III Manajemen Transportasi Perkeretaapian
4. Bapak Ir. Djoko Septanto, MM selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulisan dalam pengerjaan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini.
5. Bapak Sumantri Widya Praja, M. Sc, M. Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulisan dalam pengerjaan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini.
6. Bapak Dr. Ir. Yuwono Wiarco, S. Si. T., M.T., IPM selaku Kepala Balai Pengujian Perkeretaapian beserta jajarannya yang mengizinkan untuk pengambilan data-data tentang penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) ini.
7. Kakak-kakak Alumni Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD yang bekerja di Balai Pengujian Perkeretaapian.
8. Segenap Civitas Akademika Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD.
9. Rekan-rekan Tim Praktik Kerja Lapangan Balai Pengujian Perkeretaapian yang senantiasa membantu selama pengerjaan Laporan Umum dan Tugas Akhir.

10. Rekan-rekan *Spoor* 15 yang selalu mewarnai kehidupan di kampus.
11. Rekan-rekan pleton 28 tercinta dan selalu melengkapi suka dan duka selama tiga (3) tahun di Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD.
12. Kakak-kakak, rekan-rekan, dan adik-adik Corps Bekasi
13. Semua pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Kertas Kerja Wajib ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat banyak kekurangan karena berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Kertas Kerja Wajib ini selanjutnya. Akhirnya penulis berharap semoga Kertas Kerja Wajib ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya, aamiin.

Bekasi, 05 Agustus 2021

Penulis,

MUHAMMAD FA'IQ FIRDAUS

NOTAR : 18.03.041

DAFTAR ISI

<i>ABSTRACT</i>	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR RUMUS	viii
BAB I	1
I.1 LATAR BELAKANG	1
I.2 IDENTIFIKASI MASALAH	2
I.3 RUMUSAN MASALAH.....	2
I.4 MAKSUD DAN TUJUAN	3
I.5 BATASAN MASALAH.....	3
I.6 KEASLIAN PENELITIAN	3
I.7 MANFAAT PENELITIAN.....	5
I.8 SISTEMATIKA PENULISAN.....	5
BAB II	7
GAMBARAN UMUM	7
II.1 Kondisi Umum Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa Bagian Tengah	7
II.2 Kondisi Geografis Daop 5 Purwokerto	7
II.3 Kondisi Demografi Daop 5 Purwokerto.....	9
II.4 Kondisi Transportasi	10
II.5 Kondisi Wilayah Kajian	10
II.6 Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api Banjar – Kroya	11
II.6 Kondisi Eksisting Dinding Penahan Tanah Lintas Banjar – Kroya	17
BAB III.....	22
KAJIAN PUSTAKA	22
III.1 Aspek Legalitas	22
III.2 Aspek Teoritis	27

III.3 Aspek Teknis.....	32
BAB IV	51
METODE PENELITIAN	51
IV.1 Alur Pikir Penelitian.....	51
IV.2 Bagan Alir Penelitian.....	52
IV.3 Teknik Pengumpulan Data.....	53
IV.4 Teknik Analisis Data	54
IV.5 Lokasi Penelitian	56
BAB V	57
ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH	57
V.1 Analisis Kondisi Eksisting Dinding Penahan Tanah Banjar – Kroya.....	57
V.2 Analisis Dinding Penahan Tanah.....	64
V.3 Pemecahan Masalah	94
BAB VI	102
PENUTUP.....	102
VI.1 Kesimpulan.....	102
VI.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN	105

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Keaslian Penelitian	4
Tabel II. 1 Jumlah penduduk per kabupaten/kota	9
Tabel II. 2 Daftar luas wilayah per kabupaten/kota	9
Tabel II. 3 Stasiun di DAOP 5 Purwokerto	11
Tabel II. 4 Keterangan Desain	14
Tabel II. 5 Item Pengujian Jalan Rel.....	14
Tabel II. 6 Item Pengujian Dinding Penahan Tanah	16
Tabel II. 7 Data Dinding Penahan Tanah.....	17
Tabel III. 1 Periode ulang dan percepatan dasar gempa, ac	45
Tabel III. 2 Faktor Koreksi Pengaruh Jenis Tanah Setempat	45
Tabel III. 3 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah terzaghi	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	Dinding Penahan Tanah tidak memiliki pipa.....	18
Gambar II. 2	Pipa berdiameter 1 inch	19
Gambar II. 3	Pipa sulingan tertutup oleh beton	19
Gambar II. 4	Dilatasi yang tidak sesuai	20
Gambar II. 5	Beton mengalami keretakan	20
Gambar II. 6	Beton mengalami keropos	21
Gambar III. 1	Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi	27
Gambar III. 2	Dinding Penahan Tanah Type Kantilever	28
Gambar III. 3	Dinding Penahan Tanah Type Kounterfort	29
Gambar III. 4	Dinding Penahan Tanah Type Buttress.....	30
Gambar III. 5	Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam	34
Gambar III. 6	Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam	35
Gambar III. 7	Tegangan Rankine dengan menggunakan lingkaran mohr.....	36
Gambar III. 8	Distribusi tekanan tanah untuk permukaan tanah horizontal....	39
Gambar III. 9	Galian pada tanah kohesif.....	40
Gambar III. 10	Tekanan air pada dinding penahan tanah.....	42
Gambar III. 11	Pengaruh gaya angkat pada dinding penahan tanah.....	44
Gambar IV. 1	Bagan Alir Penelitian	52
Gambar V. 1	Dinding Penahan Tanah Tidak Memiliki Pipa	57
Gambar V. 2	Pipa berdiameter 1 inch	58
Gambar V. 3	Pipa Sulingan Tertutup Oleh Beton	59
Gambar V. 4	Dilatasi yang tidak sesuai	60
Gambar V. 5	Beton mengalami keretakan	60
Gambar V. 6	Beton mengalami keropos	61
Gambar V. 7	<i>Asbuilt Drawing</i> Dinding Penahan Tanah KM 331+900 Daerah Meluwung.....	65
Gambar V. 8	Diagram Tekanan Tanah Aktif.....	66
Gambar V. 9	Diagram Tekanan Tanah Pasif	67
Gambar V. 10	Diagram Pengaruh Air.....	69
Gambar V. 11	Diagram Gaya Angkat.....	70
Gambar V. 12	Diagram Berat Sendiri Bangunan	71
Gambar V. 13	Diagram Gaya Gempa	73
Gambar V. 14	Dinding Penahan Tanah dalam Kondisi Ekstrem.....	80
Gambar V. 15	Stabilitas Internal (Patah Tubuh Kontruksi)	85
Gambar V. 16	Tinjauan Terhadap Stabilitas Internal Potongan C-C''	88
Gambar V. 17	Superposisi Akibat Gaya-gaya yang bekerja	94
Gambar V. 18	Perubahan dimensi dinding penahan tanah	95

DAFTAR RUMUS

III. 1 Koefisien Tekanan Tanah.....	34
III. 2 Tekanan Lateral Saat Diam	34
III. 3 Distribusi Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam.....	35
III. 4 Tegangan Horisontal Efektif	35
III. 5 Koefisien Tekanan Tanah Saat Diam	35
III. 6 Koefisien Tekanan Aktif	37
III. 7 Koefisien Tekanan Aktif	37
III. 8 Koefisien Tekanan Aktif	37
III. 9 Koefisien Tekanan Pasif	37
III. 10 Koefisien Tekanan Pasif	38
III. 11 Tekanan Tanah Aktif	38
III. 12 Tekanan Tanah Aktif Total	38
III. 13 Tekanan Tanah Pasif Pada Sembarang Kedalaman Dinding Penahan .	39
III. 14 Tekanan Tanah Pasif Total.....	39
III. 15 Tekanan Tanah Arah Horisontal.....	40
III. 16 Tanah Kohesif Dapat Dibuat Dengan Tebing Galian Yang Vertikal	40
III. 17 Kedalaman Retakan Tanah Urugan Akibat Gaya Tarik	40
III. 18 Kedalaman Retakan Tanah Urugan Akibat Gaya Tarik	40
III. 19 Tekanan Tanah Aktif Total Pada Dinding Penahan Setinggi H	41
III. 20 Momen Tanah Aktif Akibat Kohesi	41
III. 21 Tekanan Tanah Pasif	41
III. 22 Tekanan Tanah Pasif Di Permukaan Tanah Dimana $Z = 0$	41
III. 23 Tekanan Tanah Pasif Akibat Tekanan Dari Tanah	41
III. 24 Tekanan Tanah Pasif Akibat Adanya Kohesi	41
III. 25 Tekanan Tanah Pasif Total Pada Dinding Penahan Setinggi H	42
III. 26 Momen Tanah Pasif Akibat Dari Tekanan Tanah	42
III. 27 Momen Tanah Pasif Akibat Adanya Kohesi	42
III. 28 Tekanan Air Pada Dinding Penahan Tanah.....	43
III. 29 Momen Akibat Tekanan Hidrostatik	43
III. 30 Gaya Tekan Akibat Gaya Angkat	44
III. 31 Gaya Tekan Akibat Gaya Angkat	44
III. 32 Gaya Tekan Total Akibat Gaya Angkat.....	44
III. 33 Momen Akibat Gaya Angkat (Uplift)	44
III. 34 Momen Akibat Gaya Angkat (Uplift)	44
III. 35 Momen Total Akibat Gaya Angkat (Uplift)	44
III. 36 Percepatan Gempa Di Lokasi Dinding Penahan Tanah	44
III. 37 Faktor Keamanan.....	46
III. 38 Tahanan Dinding Penahan Tanah Terhadap Penggeseran	46
III. 39 Faktor Aman Terhadap Penggulingan	46
III. 40 Kapasitas Dukung Ultimit (Q_u) Untuk Pondasi Memanjang	47
III. 41 Kapasitas Dukung Tegangan Ijin	47
III. 42 Faktor Aman Terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung	47
III. 43 Kapasitas Dukung Ultimit Neto (<i>Net Ultimate Bearing Capacity</i>)	49

III. 44 Tekanan Fondasi Neto (<i>Net Foundation Pressure</i>)	49
III. 45 Faktor Aman (F) Dalam Tinjauan Kapasitas Dukung Ultimit Neto.....	50
III. 46 Tegangan Vertikal Desak Maksimum	50
III 47 Tegangan Vertikal Desak Maksimum	50
III. 48 Tegangan Geser (Lintang) Pada Tubuh Dinding.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Balai Pengujian Perkeretaapian merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 64 Tahun 2014 tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Pengujian Perkeretaapian, dimana tugas dari Balai Pengujian Perkeretaapian yakni sebagaimana dimaksud pada Peraturan Menteri tersebut adalah melaksanakan pengujian sarana, prasarana, dan sumber daya manusia perkeretaapian dan berfungsi sebagai unit pelaksana teknis dalam rangka melakukan pengendalian dan pengawasan dalam bidang transportasi perkeretaapian. Salah satu jenis pengujian yang dilaksanakan yaitu pengujian pertama jalur dan bangunan kereta api Lintas Banjar - Kroya. Dalam pengujian pertama jalur dan bangunan terdapat pengujian dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Pengujian dinding penahan tanah dilakukan dengan metode penyelidikan visual pada pipa sulingan dan keretakan mengacu pada Spesifikasi Teknis Tahun 2017 tentang Persyaratan Teknis Dinding Penahan Tanah Dengan Beton Bertulang.

Permasalahan yang ada pada saat dilakukannya uji pertama dinding penahan tanah lintas Banjar – Kroya kondisi dinding penahan tanah masih banyak yang tidak sesuai dengan Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017. Beberapa penyimpangan yang ditemukan pada saat dilakukan pengujian yaitu tidak adanya pipa sulingan pada dinding penahan tanah, diameter pipa kurang dari 2 inch (50,8 mm), dan pipa sulingan tertutup oleh beton. Hal ini dapat mengakibatkan tanah mengendap dikarenakan air tidak dapat dialirkan keluar sehingga

dapat membuat dinding penahan tanah runtuh. Terdapat penyimpangan lainnya yaitu lebar dilatasi kurang dari 30 mm, terdapat beton yang mengalami gompal (pecah) dan mengalami keropos. Kerusakan pada kolom mengakibatkan kegunaan utama dari bangunan tersebut mengalami kegagalan. Karena fungsinya yang dapat menahan beban vertikal sehingga kolom dapat dikatakan sebagai elemen penting pada bangunan.

Dengan memperhatikan permasalahan yang timbul di atas, maka dalam rangka meningkatkan pada pengoperasian yang maksimal yaitu aman dan lancar, perlu beberapa usaha untuk meningkatkan kualitas pada dinding penahan tanah tersebut. Penulis mengambil judul **"Upaya Peningkatan Dinding Penahan Tanah Sesuai Spesifikasi Teknis Lintas Banjar - Kroya KM 315+840 s.d. 402+100"**

I.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut :

1. Tidak adanya pipa sulingan di KM 390+020, penggunaan pipa sulingan yang tidak sesuai di KM 320+220, lebar dilatasi tidak sesuai di KM 331+925 dan tertutupnya pipa sulingan oleh beton pada dinding penahan tanah di KM 356+650
2. Terdapat beton yang gompal di KM 332+150 dan beton yang keropos pada dinding penahan tanah di KM 356+625

I.3 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka didapatkan perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi eksisting dinding penahan tanah lintas Banjar-Kroya berdasarkan Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017?

2. Bagaimana upaya peningkatan dinding penahan tanah lintas Banjar-Kroya Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) berdasarkan Spesifikasi Teknis tahun 2017?

I.4 MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari penulisan ini adalah untuk membandingkan dinding penahan tanah yang terdapat pada lintas Banjar-Kroya dengan Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017.

Tujuan dari penulisan ini adalah :

1. Mengklasifikasikan kondisi dinding penahan tanah lintas Banjar-Kroya berdasarkan Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017.
2. Memberi upaya peningkatan dinding penahan tanah lintas Banjar-Kroya sesuai Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017.

I.5 BATASAN MASALAH

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dan terbatasnya waktu serta kemampuan penulis dalam menyelesaikan penelitian, maka penulis merasa perlu memberi pembatasan masalah yang akan diteliti. Adapun pembatasan masalah penelitian yang penulis tetapkan, yaitu:

1. Lokasi penelitian wilayah studi hanya pada KM 331+900 – KM 356+650
2. Analisis perhitungan dinding penahan tanah hanya dilakukan di daerah Meluwung KM 331+900
3. Tidak membahas tentang biaya

I.6 KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian mengenai Upaya Peningkatan Dinding Penahan Tanah sesuai Spesifikasi Teknis lintas Banjar – Kroya memiliki perbedaan mengenai permasalahan yang dianalisis dan materi penyusunan yang ditulis dari beberapa penelitian, yaitu sebagai berikut :

Tabel I. 1 Keaslian Penelitian

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Perbedaan Penelitian	Tahun
1	Mawardi Lubis	PENGUJIAN STRUKTUR BETON DENGAN METODE HAMMER TEST DAN METODE UJI PEMBEBANAN (LOAD TEST)	Penelitian ini berisikan tentang struktur beton menggunakan metode hammer test dan metode uji pembebanan	2003
2	Hadi Tri Wibowo dan Nuurul Geger Atmojo	ANALISIS PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH DAN PONDASI MINIPILE NET JALAN KERETA API DI STASIUN UJUNGNEGORO KM 73+675 – 73+750	Penelitian ini berisikan tentang klasifikasi tanah dan menggunakan analisis CPT (Cone Penetration Test)	2019

I.7 MANFAAT PENELITIAN

Dalam penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW) diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Bagi Balai Teknik Perkeretaapian Jawa Bagian Tengah

Penelitian ini diharapkan menjadi bahan masukan untuk meningkatkan kondisi prasarana pada lintas Banjar – Kroya khususnya pada dinding penahan tanah.

2. Bagi Pihak Akademisi

Diharapkan berguna untuk menambah wawasan bagi pembaca dan dapat menjadi bahan rujukan untuk mengembangkan ilmu tentang pengujian perkeretaapian yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya.

3. Bagi Penulis

Penelitian ini menambah wawasan ilmu pengetahuan bagi penulis dan dapat menerapkan sebagian ilmu yang didapat di kampus serta mendapatkan pengalaman dalam menyusun Kertas Kerja Wajib

I.8 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan Kertas Kerja Wajib ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang penulisan Kertas Kerja Wajib, identifikasi masalah, perumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, batas penulisan penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : GAMBARAN UMUM

Berisikan tentang informasi mengenai Balai Pengujian Perkeretaapian, memberi informasi mengenai Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api lintas Banjar-Kroya serta item yang diuji pada pengujian, memberikan informasi mengenai kondisi eksisting dinding penahan tanah lintas Banjar - Kroya.

BAB III : KAJIAN PUSTAKA

Berisi tentang aspek legalitas, aspek teoritis, dan aspek teknis yang dijadikan acuan serta teori yang berkaitan dalam penulisan kertas kerja wajib. Teori tersebut dapat diambil dari undang-undang, peraturan pemerintah, peraturan menteri jurnal, buku, literature, karya ilmiah yang berkaitan dan berhubungan dengan kertas kerja wajib (KKW) ini.

BAB IV : METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisikan bagaimana metode penelitian yang digunakan dengan dimulai dari perumusan masalah, pengumpulan data sampai dengan cara melakukan analisa terhadap permasalahan yang ada sampai pada pemecahan masalah.

BAB V : ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

Bab ini menjelaskan mengenai bagaimana proses pengolahan data sampai analisis data dan pemecahan masalah dengan menggunakan metode penelitian yang telah tercantum pada metode penelitian

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab terakhir yang berisikan rangkuman singkat penelitian berupa kesimpulan penelitian yang dilakukan serta saran untuk penelitian yang dilaksanakan sehingga kedepannya penelitian yang dilaksanakan dapat lebih baik.

BAB II

GAMBARAN UMUM

II.1 Kondisi Umum Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 Wilayah Jawa Bagian Tengah

Balai Teknik Perkeretaapian Jawa Tengah merupakan Balai Teknik Perkeretaapian Kelas 1 dari beberapa Balai Teknik Perkeretaapian milik Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan. Alamat kantor pusat Balai Teknik Perkeretaapian ini berada di Jl.Prambanan Barat Raya No. 1A , Ngaliyan, Semarang, Jawa Tengah, Kode Pos 50381. Wilayah kerja mencakup provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Balai Teknik Perkeretaapian membawahi 4 PPK yaitu PPK Jawa Tengah, PPK Cikro lintas (Cirebon – Kroya), PPK PLS 2 lintas (Kroya – Gombong) dan PPK PLS 1 lintas (Gombong – Kutoarjo).

Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Wilayah Jawa Bagian Tengah sebagai UPT berperan sebagai organisasi di bawah Direktorat Jenderal Perkeretaapian dengan kewenangan mengelola kepegawaian, keuangan, peralatan dan perlengkapan dalam melaksanakan tugas teknis operasional dan/atau penunjang tertentu dengan tujuan meningkatkan efektifitas pelaksanaan peningkatan prasarana, fasilitasi bimbingan dan pengawasan teknis, serta koordinasi pelaksanaan operasional penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan kereta api Direktorat Jenderal Perkeretaapian.

II.2 Kondisi Geografis Daop 5 Purwokerto

Daerah Operasi (DAOP) 5 Purwokerto mempunyai wilayah yang membentang di 10 Kabupaten/Kota di provinsi Jawa Tengah dan 1 Kabupaten di provinsi Jawa Barat yang sebagian telah terpasang jalur ganda. Wilayah Daerah Operasi 5 Purwokerto terdiri dari 2 Provinsi, 2 Kota Madya dan 9 Kabupaten, yaitu :

1. Provinsi
 - a. Jawa Barat
 - b. Jawa Tengah
2. Kotamadya
 - a. Kabupaten Cilacap
 - b. Kabupaten Purbalingga
 - c. Kabupaten Purworejo
 - d. Kabupaten Banjarnegara
 - e. Kabupaten Kebumen
 - f. Kabupaten Tegal
 - g. Kabupaten Ciamis
 - h. Kabupaten Wonosobo
 - i. Kabupaten Brebes
 - j. Kabupaten Banyumas

Daerah Operasi V Purwokerto terletak di Provinsi Jawa Tengah dan sebagian kecil Jawa Barat dan berpusat di Kota Purwokerto. Daerah Operasi V Purwokerto diapit oleh dua provinsi besar yaitu Jawa Barat dan Jawa Timur. Provinsi Jawa Tengah secara astronomis terletak di antara $5^{\circ}40'$ dan $8^{\circ}30'$ lintang selatan dan antara $108^{\circ}30'$ dan $111^{\circ}30'$ bujur timur (termasuk pulau Karimun Jawa). Jarak terjauh dari barat ke timur adalah 263 km dan dari utara ke selatan 226 km (tidak termasuk pulau Karimun Jawa). Sedangkan kantor Daerah Operasi 5 Purwokerto terletak di Kabupaten Banyumas yang terletak diantara $108^{\circ}39'17''$ - $109^{\circ}27'15''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}15'05''$ - $7^{\circ}37'10''$ Lintang Selatan, tercatat memiliki luas wilayah sebesar 132.759 Ha. Daerah Operasi 5 Purwokerto mempunyai wilayah yang berbatasan dengan:

1. Sebelah Utara : Laut Jawa dan Daop 3 Cirebon
2. Sebelah Timur : Daop 4 Semarang dan Daop 6 Yogyakarta
3. Sebelah selatan : Samudera Hindia
4. Sebelah Barat : Daop 2 Bandung

II.3 Kondisi Demografi Daop 5 Purwokerto

Daerah Operasi 5 Purwokerto terdiri dari 10 Kabupaten/Kota di provinsi Jawa Tengah dan 1 Kabupaten di provinsi Jawa Barat. Wilayah Daerah Operasi V Purwokerto terdiri dari 2 Provinsi, 2 kota madya dan 9 kabupaten berikut adalah tabel II.1 tentang jumlah penduduk per kabupaten/kota:

Tabel II. 1 Jumlah penduduk per kabupaten/kota

Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)
Kota Banjar	183 244
Cilacap	1 944 857
Purbalingga	998 561
Purworejo	769 880
Banjarnegara	1 017 767
Kebumen	1 350 438
Tegal	1 596 996
Wonosobo	1 299 859
Brebes	1 978 759
Banyumas	1 776 918

Sumber : BPS, Tahun 2020

Tabel II. 2 Daftar luas wilayah per kabupaten/kota

Kabupaten/Kota	Luas (km ²)
Kota Banjar	131,97
Cilacap	2 124,47
Purbalingga	677,55

Kabupaten/Kota	Luas (km ²)
Purworejo	1 091,49
Banjarnegara	1 023,73
Kebumen	1 211,74
Tegal	876,10
Wonosobo	981,41
Brebes	1 902,37
Banyumas	1335,30

Sumber : BPS, Tahun 2020

II.4 Kondisi Transportasi

Sebagai Kota yang menjadi salah satu destinasi favorit baik untuk berwisata maupun sebagai tempat menempuh pendidikan, tentu Purwokerto perlu memerlukan transportasi yang memadai bagi masyarakat. Pada sektor transportasi darat, untuk tujuan jarak jauh terdapat moda transportasi kereta api dengan pelayanan pemberangkatan maupun kedatangannya berpusat di stasiun Purwokerto, stasiun purwokerto juga melayani barang hantaran dan bongkar muat barang. Selain kereta api ada juga moda transportasi lain seperti bus AKAP untuk jarak jauh dan ada juga bus rapid transit untuk jarak dekat.

II.5 Kondisi Wilayah Kajian

Daerah operasi 5 Purwokerto memiliki 43 stasiun yang masih beroperasi antara lain stasiun besar berjumlah 4 stasiun, stasiun kelas I berjumlah 4 stasiun, stasiun kelas II berjumlah 6 stasiun, dan stasiun kelas III berjumlah 29 Stasiun, berikut disajikan tabel II.4 mengenai stasiun yang ada di Daop 5 Purwokerto:

Tabel II. 3 Stasiun di DAOP 5 Purwokerto

No.	Nama Stasiun	Kelas	No.	Nama Stasiun	Kelas
1	Purwokerto	Besar	23	Notog	Kecil
2	Kroya	Besar	24	Kebasen	Kecil
3	Kutoarjo	Besar	25	Randegan	Kecil
4	Maos	Besar	26	Kemranjen	Kecil
5	Cilacap	Besar	27	Sumpiuh	Kecil
6	Gombang	Sedang	28	Tambak	Kecil
7	Karangtalun	Sedang	29	Ijo	Kecil
8	Kebumen	Sedang	30	Sruweng	Kecil
9	Sidareja	Sedang	31	Soka	Kecil
10	Gandrungmangun	Sedang	32	Wonosari	Kecil
11	Karanganyar	Sedang	33	Kutowinangun	Kecil
12	Purworejo	Sedang	34	Prembun	Kecil
13	Bumiayu	Sedang	35	Butuh	Kecil
14	Prupuk	Sedang	36	Sikampung	Kecil
15	Patuguran	Kecil	37	Lebeng	Kecil
16	Karangsari	Kecil	38	Jeruklegi	Kecil
17	Karangkandri	Kecil	39	Kawunganten	Kecil
18	Gumilir	Kecil	40	Cipari	Kecil
19	Slawi	Kecil	41	Meluwung	Kecil
20	Linggapura	Kecil	42	Langen	Kecil
21	Kretek	Kecil	43	Kasugihan	Kecil

Sumber : DAOP 5 Purwokerto, 2019

II.6 Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api Lintas Banjar – Kroya

Pada tanggal Enam sampai dengan tanggal Dua Belas bulan April tahun Dua Ribu Dua Puluh Satu (6 - 12 April 2021), telah dilakukan pengujian pertama jalur dan bangunan kereta api pekerjaan peningkatan jalur kereta api eksisting lintas Banjar – Kroya hasil pekerjaan Balai Teknik

Perkeretaapian Kelas I Wilayah Jawa Bagian Tengah, dalam Kegiatan Pengembangan Perkeretaapian Jawa Bagian Tengah Area II.

Pengujian pertama ini dilakukan untuk mengetahui dan memastikan apakah prasarana atau jalur tersebut sudah sesuai dengan desain, persyaratan teknis, kondisi, dan juga fungsi prasarana perkeretaapian. Apabila prasarana yang diuji sudah sesuai maka akan diberikan sertifikat uji pertama yaitu sebagai tanda bukti ditetapkannya kelaikan operasi prasarana perkeretaapian.

1. Dasar Pengujian

Dalam melakukan pengujian, Balai Pengujian Perkeretaapian memiliki dasar hukum yaitu :

- a. Undang-undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian pasal 68 bahwa untuk menjamin kelaikan prasarana perkeretaapian, wajib dilakukan pengujian dan pemeriksaan;
- b. Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian dan Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2017 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian;
- c. Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2021 tentang Penyelenggara Bidang Perkeretaapian;
- d. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 29 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api;
- e. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 30 Tahun 2011 tentang Tata-tata Cara Pengujian dan Pemberian Sertifikat Prasarana Perkeretaapian;
- f. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api;
- g. Standar Spesifikasi Teknis Tahun 2017 tentang Persyaratan Teknis Kontruksi Jalan Rel, Sipil, Jembatan dan Bangunan Kereta Api;
- h. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 64 Tahun 2014 tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Pengujian Perkeretaapian;
- i. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 24 Tahun 2015 tentang Standar Keselamatan Perkeretaapian;

- j. Surat Kepala Balai Teknik Perkeretaapian Kelas I Wilayah Jawa Bagian Tengah Nomor: KA.605/1/3/BTP-JTGDIY/2021 tanggal 23 Februari 2021 perihal Permohonan Pengujian Pertama pada Jalur dan Bangunan Kereta Api lintas Banjar – Kroya
- k. Surat Direktur Prasarana Perkeretaapian Nomor: KA.605/1/7/K3/DJKA/2021 tanggal 1 Maret 2021 perihal Sertifikasi Uji Pertama Jalur dan Bangunan KA antara Banjar – Kroya lintas Bogor – Yogyakarta;
- l. Surat Direktur Prasarana Perkeretaapian Nomor: UM.2075/5/16/K3/DJKA/2021 tanggal 17 Maret 2021 perihal Undangan Rapat dan Rapat Persiapan Uji Pertama Jalur dan Bangunan KA antara Banjar – Kroya lintas Bogot – Yogyakarta pada tanggal 19 Maret 2021 melalui *Video Conference Room Zoom Meeting* ID: 899 1062 8653;
- m. Surat Direktur Prasarana Perkeretaapian Nomor: UM.004/1/13/K3/DJKA/2021 tanggal 25 Maret 2021 perihal Penyampaian Risalah Rapat;
- n. Surat Tugas Kepala Balai Pengujian Perkeretaapian Nomor: ST.116/BP-UJI/2021 tanggal 19 Maret 2021 perihal Melaksanakan Kegiatan Pengujian Pertama pada Jalur dan Bangunan KA lintas Banjar – Kroya pada tanggal 6 – 16 April 2021 di Jawa Tengah.

2. Data Dukung dan Kelengkapan Administrasi

Dalam Uji Pertama terdapat Uji Rancang Bangun yang bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara rancang bangun terhadap kondisi fisik prasarana perkeretaapian di lapangan. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM 30 Tahun 2011 Tentang Tata Cara Pengujian dan Pemberian Sertifikat Prasarana Perkeretaapian Pasal 9, uji rancang bangun harus memiliki dokumen:

- a. Detail desain prasarana perkeretaapian yang telah mendapat persetujuan dari Direktorat Teknis;
- b. Spesifikasi teknis prasarana perkeretaapian yang telah mendapat persetujuan dari Direktorat Teknis;

- c. Gambar kerja (*shop drawing*) yang telah mendapat persetujuan dari Direktorat Teknis; dan
- d. Gambar hasil pelaksanaan (*as built drawing*).

Tabel II. 4 Keterangan Desain

KETERANGAN DESAIN		
TRACK GAUGE	1067	
KELAS JALAN	1(SATU)	
DAYA ANGKUT LINTAS	$>20 \times 10^6$ TON/TAHUN	
KECEPATAN MAKSIMUM	120 KM/JAM	
BEBAN GANDAR	18 TON	
MUTU BETON	STRUKTUR BOX	K-350
	RETAINING WALL	K-350
TIPE REL	R54	
JENIS BANTALAN	BANTALAN BETON	
JENIS PENAMBAT	PENAMBAT ELASTIS	
TEBAL BALAS	30 cm	
LEBAR BAHU BALAS	60 cm	

Sumber: Berita Acara Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api Lintas Banjar – Kroya, 2021

- 3. Ruang Lingkup Pengujian
 - a. Item pengujian pertama jalur kereta api lintas Banjar – Kroya meliputi:

Tabel II. 5 Item Pengujian Jalan Rel

NO	JALAN REL				
	Kilometer	Panjang (msp)	Tahun Pembangunan	Petak Stasiun	Lintas
1	315+840 s.d 330+484	14,644	2019-2020	Banjar- Meluwung	BOO-YK

2	330+484 s.d 365+088	34,604	2019-2020	Meluwung- Kawunganten
3	365+088 s.d 376+471	11,383	2019-2020	Kawunganten- Jeruklegi
4	376+471 s.d 383+146	6,675	2019-2020	Jeruklegi- Lebeng
5	383+146 s.d 390+078	6,932	2019-2020	Lebeng-Maos
6	390+078 s.d 396+522	6,444	2019-2020	Maos-Sikampung
7	396+522 s.d 402+100	5,578	2019-2020	Sikampung- Kroya

Sumber: Berita Acara Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api Lintas Banjar – Kroya, 2021

Tabel II. 6 Item Pengujian Dinding Penahan Tanah

No.	Proteksi Badan Jalan					
	Type	Mutu Beton		Petak Stasiun	Th. Pembangunan	
1	Retaining Wall	K-350		Banjar - Kroya	2020	
No.	Drainase					
	Type	Mutu Beton		Petak Stasiun	Th. Pembangunan	
1	<i>U-ditch</i>	K-350		Banjar - Kroya	2020	
No.	Jembatan KA					
	No. BH dan Type BH.	KM/HM	Bentang	Mutu Beton	Petak Stasiun	Th. Pembangunan
1	1442A (<i>Underpass</i>)	317+925	5x4 panjang 7m	K-350	Banjar - Langen	2020
2	1559A (<i>Underpass</i>)	399+520	5x5 panjang 7m	K-350	Sikampung - Kroya	2020

3	1518A (Underpass)	372+092	5x4 panjang 7m	K-350	Kawunganten - Jeruklegi	2020
---	----------------------	---------	----------------------	-------	----------------------------	------

Tabel II. 7 Item Pengujian Dinding Penahan Tanah

Sumber: Berita Acara Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api Lintas Banjar – Kroya, 2021

- b. Uji Rancang Bangun
 - 1) Evaluasi kelengkapan dokumen;
 - 2) Pemeriksaan kesesuaian dokumen teknis
 - a) Persyaratan system dan komponen;
 - b) Perencanaan terhadap konstruksi terbangun;
 - c) Kriteria teknis konstruksi terbangun terhadap kriteria desain/spesifikasi teknis.
- c. Uji Fungsi
 - 1) Ruang Bebas
 - 2) Kecepatan dan beban gandar
 - a) Lurusan;
 - b) Lengkung;
 - c) Kelandaian;
 - d) Rel (keausan / keretakan);
 - e) Metode penyambungan rel dengan las dan plat sambung;
 - f) Bantalan beton dari kayu;
 - g) Sistem penambat
 - h) Balas dan sub-balas
 - i) Badan jalan (galian dan timbunan)
 - j) Konstruksi bagian atas : Lendutan, Kekerasan, Keretakan, Korosi, Tumpuan (khusus jembatan KA/*underpass*)
 - k) Kontruksi bagian bawah : Penurunan, Kemiringan, Gerusan, Pelindung (khusu jembatan KA/*underpass*)
 - 3) Drainase
 - a) Tingkat kemiringan dan dimensi;
 - b) Sistem pendistribusian air.

II.6 Kondisi Eksisting Dinding Penahan Tanah Lintas Banjar – Kroya

Dinding Penahan Tanah pada lintas Banjar – Kroya terletak di wilayah kerja Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Bagian Tengah. Pada lintas Banjar – Kroya terdapat 15 Dinding Penahan Tanah yang diuji dalam Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api dengan rincian pada tabel II. 7 di bawah ini:

Tabel II. 8 Data Dinding Penahan Tanah

No.	Letak di Kilometer	Panjang (m)	Tahun Pembangunan
1.	316+700	200	2020
2.	319+100	200	2020
3.	319+400	756	2020
4.	331+900	365	2020
5.	338+950	150	2020
6.	350+200	108	2020
7.	354+392	486	2020
8.	355+754	900	2020
9.	358+903	132	2020
10.	359+080	620	2020
11.	362+425	425	2020
12.	363+929	81	2020
13.	371+010	123	2020
14.	372+285	295	2020
15.	373+215	610	2020
16.	377+300	180	2020
17.	379+943	317	2020
18.	380+000	253	2020
19.	385+000	120	2020
20.	395+000	1250	2020
21.	399+400	200	2020

Sumber: Berita Acara Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api Lintas Banjar – Kroya, 2021

Pada Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Kereta Api lintas Banjar – Kroya yang dilakukan oleh Balai Pengujian Perkeretaapian terdapat beberapa penyimpangan diantaranya:

1. Tidak ada pipa sulingan pada dinding penahan tanah di KM 339+020

Tidak terdapat pipa pada dinding penahan tanah bisa menyebabkan tanah mengendap dikarenakan air tidak dapat dialirkan keluar sehingga juga dapat membuat dinding penahan tanah runtuh.



Sumber: Dokumentasi Tim PKL BPP, 2021

Gambar II. 1 Dinding Penahan Tanah tidak memiliki pipa

2. Penggunaan pipa yang tidak sesuai dengan Persyaratan Teknis di KM 350+220

Pipa yang dipasang oleh kontraktor berdiameter 1 inch tidak sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017 dan tidak sejajar dengan permukaan luar dinding penahan tanah.



Sumber: Dokumentasi Tim PKL BPP, 2021

Gambar II. 2 Pipa berdiameter 1 inch

3. Pipa sulingan tertutup oleh beton di KM 356+650

Pipa sulingan tidak boleh tertutup atau terhalang oleh material lain, agar tidak mengganggu fungsi pipa untuk mengalirkan air.



Sumber: Dokumentasi Tim PKL BPP, 2021

Gambar II. 3 Pipa sulingan tertutup oleh beton

4. Lebar dilatasi yang tidak sesuai dengan Persyaratan Teknis

Lebar dilatasi yang terpasang panjangnya 15 mm, tidak sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017 yaitu 30 mm.



Sumber: Dokumentasi Tim PKL BPP, 2021

Gambar II. 4 Dilatasi yang tidak sesuai

5. Terdapat beton yang gompal di KM 332+150

Gompal yaitu bagian beton yang pecah biasanya terjadi akibat pembongkaran bekisting tidak hati – hati dan membongkar bekisting pada saat umur beton belum waktunya atau 28 hari.



Sumber: Dokumentasi Tim PKL BPP, 2021

Gambar II. 5 Beton mengalami keretakan

6. Terdapat beton yang mengalami keropos di KM 356+625

Beton keropos biasanya terjadi akibat pemadatan yang kurang sempurna saat pengecoran, seharusnya pada saat pengecoran menggunakan vibrator untuk memastikan semua cetakan sudah berisi beton dengan sempurna. Vibrator atau getaran dapat menghilangkan gelembung udara pada saat pengecoran.



Sumber: Dokumentasi Tim PKL BPP, 2021

Gambar II. 6 Beton mengalami keropos

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

III.1 Aspek Legalitas

1. Undang-Undang No. 23 Tahun 2007 Tentang Perkeretaapian
 - a. Pasal 35
 - 1) Prasarana perkeretaapian umum dan perkeretaapian khusus meliputi:
 - a) Jalur kereta api;
 - b) Stasiun kereta api; dan
 - c) Fasilitas operasi kereta api
 - 2) Jalur kereta api sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a diperuntukkan bagi pengoperasian kereta api.
 - b. Pasal 67
 - 1) Prasarana perkeretaapian yang dioperasikan wajib memenuhi persyaratan kelaikan yang berlaku bagi setiap jenis prasarana perkeretaapian.
 - 2) Persyaratan kelaikan prasarana perkeretaapian meliputi:
 - a) Persyaratan teknis; dan
 - b) Persyaratan operasinal
 - 3) Persyaratan teknis sebagaimana dimaksud pada ayat 2 huruf a meliputi persyaratan sistem dan persyaratan komponen.
 - 4) Persyaratan operasional sebagaimana dimaksud pada ayat 2 huruf b adalah persyaratan kemampuan prasarana perkeretaapian sesuai dengan rencana operasi perkeretaapian.
 - c. Pasal 68
 - 1) Untuk menjamin kelaikan prasarana perkeretaapian, wajib dilakukan pengujian dan pemeriksaan.
 - 2) Pengujian prasarana perkeretaapian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh Pemerintah dan dapat dilimpahkan kepada badan hukum atau lembaga yang mendapat akreditasi dari Pemerintah.

- 3) Pemeriksaan prasarana perkeretaapian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) wajib dilakukan oleh Penyelenggara Prasarana Perkeretaapian.
- d. Pasal 69
- Pengujian prasarana perkeretaapian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 68 ayat (2) terdiri atas :
- 1) Uji pertama; dan
 - 2) Uji berkala
- e. Pasal 70
- 1) Uji pertama sebagaimana dimaksud dalam pasal 69 huruf a wajib dilakukan untuk prasarana perkeretaapian baru dan prasarana yang mengalami perubahan spesifikasi teknis.
 - 2) Uji pertama sebagaimana dimaksud dalam pasal 69 huruf a dilakukan terhadap:
 - a) Rancang bangun prasarana perkeretaapian; dan
 - b) Fungsi prasarana perkeretaapian
 - 3) Uji pertama sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan oleh Pemerintah dan dapat dilimpahkan kepada badan hukum atau lembaga yang mendapat akreditasi dari Pemerintah
 - 4) Prasarana perkeretaapian yang mengalami perubahan spesifikasi teknis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus mendapat izin dari Menteri.
- f. Pasal 71
- 1) Prasarana perkeretaapian yang lulus uji pertama diberi sertifikat uji pertama oleh :
 - a) Pemerintah;
 - b) Badan hokum yang mendapat akreditasi dari Pemerintah; atau
 - c) Lembaga yang mendapat akreditasi dari Pemerintah.
 - 2) Sertifikat uji pertama sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berlaku untuk selamanya, kecuali mengalami perubahan spesifikasi teknis.

- g. Pasal 75
Pelaksanaan pengujian prasarana perkeretaapian sebagaimana dimaksud dalam pasal 69 wajib menggunakan peralatan pengujian dan sesuai dengan tata cara pengujian yang ditetapkan oleh menteri.
 - h. Pasal 76
Setiap badan hukum atau lembaga pengujian prasarana perkeretaapian yang melakukan pengujian wajib menggunakan tenaga penguji yang memiliki sertifikat keahlian, menggunakan peralatan pengujian, dan melakukan pengujian sesuai dengan tata cara pengujian prasarana perkeretaapian yang ditetapkan.
 - i. Pasal 79
Setiap tenaga penguji prasarana perkeretaapian wajib melakukan pengujian prasarana perkeretaapian dengan menggunakan peralatan pengujian dan sesuai dengan tata cara pengujian yang ditetapkan.
2. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 30 Tahun 2011 Tentang Tata Cara Pengujian dan Pemberian Sertifikat Prasarana Perkeretaapian.
- a. Pasal 2
Setiap prasarana perkeretaapian yang dioperasikan wajib memenuhi kelaikan teknis dan operasi yang dibuktikan melalui pengujian prasarana perkeretaapian.
 - b. Pasal 4
Pengujian prasarana perkeretaapian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 dilakukan untuk mengetahui kesesuaian desain, persyaratan teknis, kondisi, dan fungsi prasarana perkeretaapian.
 - c. Pasal 5
 - 1) Pengujian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 meliputi:
 - a) Uji pertama; dan
 - b) Uji berkala
 - 2) Uji pertama sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a, wajib dilakukan untuk prasarana perkeretaapian baru dan prasarana perkeretaapian yang mengalami perubahan spesifikasi teknis.
 - 3) Uji pertama sebagaimana dimaksud pada ayat (2) terdiri dari:
 - a) Uji rancang bangun; dan
 - b) Uji fungsi

4) Uji berkala sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b wajib dilakukan terhadap setiap prasarana yang telah dioperasikan dengan melakukan uji fungsi prasarana perkeretaapian.

d. Pasal 7

1) Uji fungsi prasarana perkeretaapian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (3) huruf b, dilakukan untuk memastikan prasarana perkeretaapian dapat berfungsi sesuai dengan desain dan persyaratan teknis.

2) Uji fungsi prasarana perkeretaapian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi uji fungsi:

- a) Jallan rel;
- b) Jembatan dan terowongan;
- c) Stasiun
- d) Peralatan persinyalan
- e) Peralatan telekomunikasi; dan
- f) Instalasi listrik

3. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.

a. Kontruksi jalan rel bagian bawah terdiri atas:

- 1) Badan jalan;
- 2) Proteksi lereng; dan
- 3) Drainase

b. Kontruksi badan jalan

- 1) Badan jalan harus mampu memikul beban kereta api dan stabil terhadap bahaya kelongsoran.
- 2) Stabilitas lereng badan jalan dinyatakan dengan faktor keamanan (FK) yang mengacu pada kekuatan geser tanah di lereng tersebut, sekurang-kurangnya sebesar 1,5 untuk beban statis dan sekurangkurangnya 1,1 untuk beban gempa.
- 3) Daya dukung tanah dasar harus lebih besar dari seluruh beban yang berada di atasnya, termasuk beban kereta api, beban konstruksi jalan rei bagian atas dan beban tanah timbunan untuk badan jalan di daerah timbunan.

- c. Proteksi lereng
 - 1) Proteksi lereng harus dibuat untuk mencegah terjadinya erosi di permukaan lereng.
 - 2) Proteksi lereng pada timbunan dengan metode proteksi paling tidak dilakukan dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan (metode vegetasi).
 - 3) Metode lain dapat dipertimbangkan apabila penggunaan tumbuh-tumbuhan saja tidak memadai dipandang dari sudut material timbunan, bentuk lereng, konsentrasi air hujan dan lain-lain.
 - 4) Ketebalan *top soil* minimal 10 cm.
- d. Drainase harus memenuhi persyaratan berikut:
 - 1) Kemiringan minimum struktur drainase haruslah 0,3% untuk meminimalkan endapan.
 - 2) Diameter minimum saluran pipa haruslah 15 cm untuk memudahkan pembersihan.
 - 3) Untuk badan jalan yang merupakan tanah timbunan, maka permukaan lapis dasar harus memiliki kemiringan 5% ke arah luar dan air hujan di sekitar rei harus mengalir dengan lancar ke lereng.
 - 4) Dalam hal jalur ganda, diperlukan saluran di antara dua jalur (parit-U atau *French Drain*) dan drainase melintang.
 - 5) Pada daerah galian yang terdapat mata air, drainase dan dinding galian harus dilengkapi dengan sulingan (*weep hole*) dengan ukuran diameter pipa sekurang-kurangnya 2 inch dan jarak (0,5 - 1,0) m;
 - 6) Apabila drainase menggunakan saluran pipa, ukuran diameter pipa sekurang-kurangnya 6 inch.
- 4. Standar Spesifikasi Teknis Konstruksi Jalan Rel, Sipil, Jembatan dan Bangunan Kereta Api Tahun 2017.
Pada BAB 2 tentang sipil terdiri atas:
 - a. Dinding penahan tanah dengan pasangan batu kali
 - b. Dinding penahan tanah dengan beton bertulang

III.2 Aspek Teoritis

1. Dinding Penahan Tanah

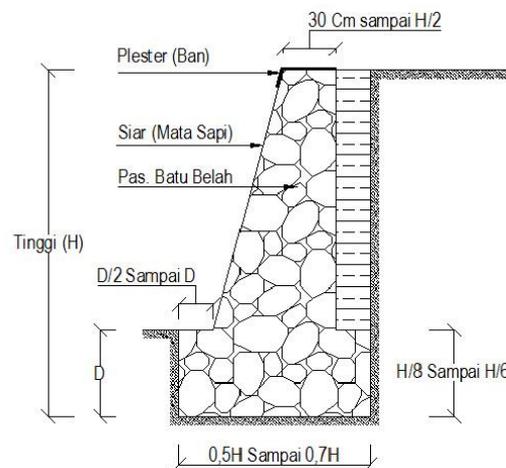
Menurut (Tanjung, 2016) dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya. Dinding penahan tanah sudah digunakan dalam jalur kereta api yang dibangun di daerah lereng dan jalur kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu Dinding Gravitasi, Dinding Penahan Kantiliver, Dinding Kontravort, Dinding Butters. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain :

a. Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (gravity wall)

Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperatur.

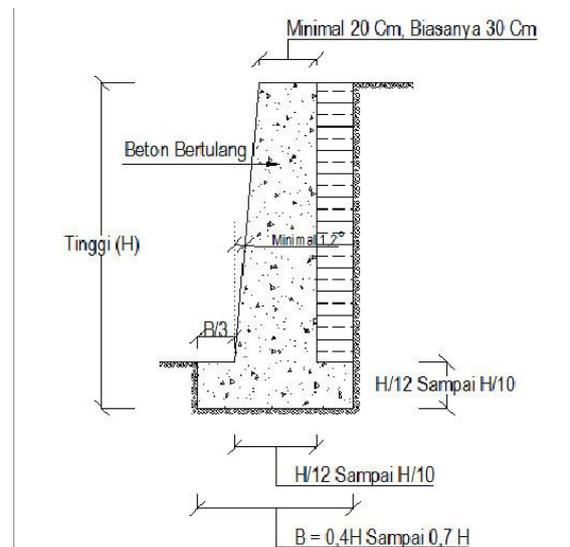


Sumber : Hardiyatmo, 2014

Gambar III. 1 Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi

b. Dinding Penahan Tanah Type Kantilever (Cantilever retaining wall)

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian relatif tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding tersebut. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak (*heel*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantiliver, yaitu bagian dinding vertical (*stem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6 – 7 meter.



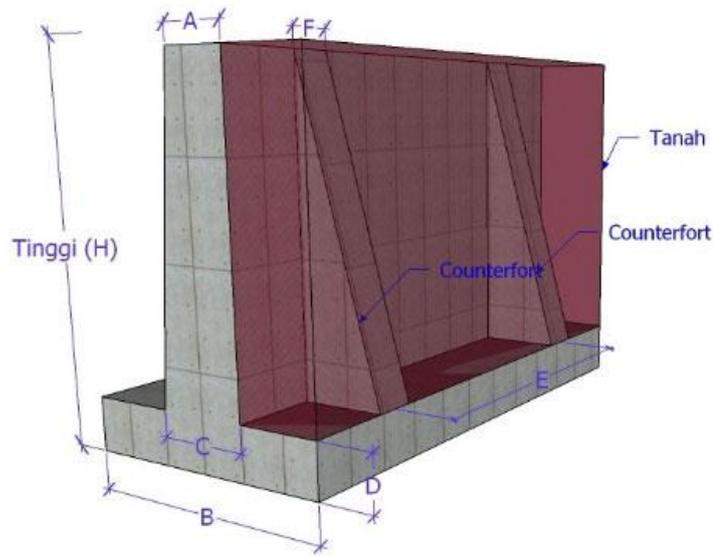
Sumber : Hardiyatmo, 2014

Gambar III. 2 Dinding Penahan Tanah Type Kantilever

c. Dinding Penahan Tanah Type Counterfort (counterfort wall)

Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertical yang disebut counterfort (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertical cukup besar, maka bagian dinding vertical dan tumit perlu disatukan (kontrafort) Kontrafort berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertical dan ditempatkan pada bagian

timbunan dengan interfal jarak tertentu. Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter.

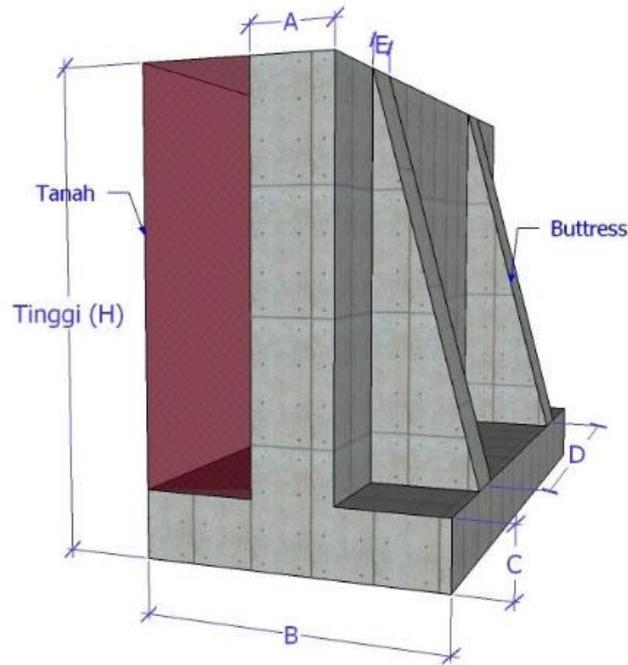


Sumber: Tanjung, 2016

Gambar III. 3 Dinding Penahan Tanah Type Kounterfort

d. Dinding Penahan Tanah Type Buttress (butters Wall)

Dinding Buttress hampir sama dengan dinding kontrafort, hanya bedanya bagian kontrafort diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur kontrafort berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit 10 lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak. Dinding ini dibangun pada sisi dinding di bawah tertekan untuk memperkecil gaya irisan yang bekerja pada dinding memanjang dan pelat lantai. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter. Kelemahan dari dinding ini adalah penahannya yang lebih sulit daripada jenis lainnya dan pemadatan dengan cara rolling pada tanah di bagian belakang adalah jauh lebih sulit.



Sumber: Tanjung, 2016

Gambar III. 4 Dinding Penahan Tanah Type Buttress

2. Beton

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

3. Dilatasi

Menurut (Chandra, 2011) Dilatasi adalah sebuah sambungan/garis pada sebuah bangunan yang karena sesuatu hal memiliki sistem struktur berbeda. Dilatasi baik digunakan pada pertemuan antara bangunan yang rendah dengan yang tinggi, antara bangunan 10 induk dengan bangunan sayap, dan bagian bangunan lain yang mempunyai kelemahan geometris.

Di samping itu, bangunan yang sangat panjang tidak dapat menahan deformasi akibat penurunan fondasi, gempa, muai susut, karena akumulasi gaya yang sangat besar pada dimensi bangunan yang panjang, dan menyebabkan timbulnya retakan atau keruntuhan struktural. Oleh karenanya, suatu bangunan yang besar perlu dibagi menjadi beberapa bangunan yang lebih kecil, di mana tiap bangunan dapat bereaksi secara kompak dan kaku dalam menghadapi pergerakan bangunan yang terjadi.

4. Tanah dan Survei Tanah

Tanah adalah sebuah material yang terdiri dari campuran-campuran butiran dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran yang mudah dipisahkan dengan kocokan air. Tanah berasal dari pelapukan batuan yang prosesnya dapat secara fisik atau kimia. Sifat-sifat teknis tanah kecuali dipengaruhi oleh sifat dari induk bantuannya juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut (Hardiyatmo, 2003).

Survei tanah adalah proses mempelajari dan memetakan permukaan bumi dalam pola unit yang disebut tipe tanah (Foth, 1994). Sedangkan menurut (Hardjowigeno, 1987) tujuan dari survei tanah adalah mengklasifikasi, menganalisis, dan memetakan tanah serta mengelompokkan tanah – tanah yang sama atau hampir sama sifatnya ke dalam satuan peta tanah tertentu.

5. Pipa PVC (*PolyVinyl Chloride*)

Menurut (Muhidin, 2019) Pipa PVC merupakan polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah PE (polietilena) dan PP (polipropilena). Di seluruh dunia, lebih dari 50% PVC yang di produksi di pakai dalam kontruksi. Pipa PVC pada umumnya digunakan sebagai saluran air dalam suatu proyek perumahan, gedung atau jalan. Pipa PVC memiliki sifat keras, ringan, kuat, tahan terhadap hampir semua alkalin atau zat beracun serta mudah dipasang.

III.3 Aspek Teknis

1. Persyaratan teknis dinding penahan tanah diatur dalam Standar Spesifikasi Teknis Konstruksi Jalan Rel, Sipil, Jembatan dan Bangunan Kereta Api Tahun 2017 tentang Dinding Penahan Tanah dengan Beton Bertulang

a. Material

1) Beton

Sebelum penempatan beton, pasir urug harus dipasang dan dipadatkan dengan perlatan untuk mendapatkan daya dukung yang seragam pada pondasi beton.

Pondasi beton harus dibuat dalam bentuk dan ukuran seperti tercantum dalam gambar. Pekerjaan beton harus sesuai persyaratan pada bagian beton

2) Pipa drainase

Pipa untuk drainase adalah pipa PVC kelas D dengan diameter 2".

3) Baja tulangan

Baja tulangan untuk dinding penahan tanah menggunakan $D \geq 13$ baja U-39 dan $\emptyset \leq 13$ baja U-24. Persyaratan baja tulangan sesuai pada BAGIAN BETON.

b. Pelaksanaan

1) Survei lapangan

Kontraktor melakukan survei sesuai gambar yang telah disetujui. Apabila terjadi perbedaan gambar dengan lapangan atau diidentifikasi perlu adanya perubahan, maka Kontraktor harus mengajukan perubahannya kepada Konsultan.

2) Pembuatan dinding dengan beton bertulang

a) Dinding penahan pasangan beton bertulang harus dipasang pada permukaan yang telah disiapkan sebelumnya pada batas dan dengan kemiringan yang sesuai gambar.

b) Penggalian tanah dasar yang akan digunakan untuk pondasi beton untuk dinding penahan tanah harus dilakukan sesuai dengan potongan melintang, kemiringan dan batas yang tercantum dalam gambar.

- c) Pada dinding beton betulang harus dibuat saluran pembuangan air (*weepholes*), pada setiap 1 meter persegi dan terbuat dari pipa PVC dengan diameter 2". Pada sisi dalam weepholes dibungkus dengan potongan *geotextile*/lujuk untuk menghindari masuknya tanah/pasir kedalam pipa yang mengakibatkan penyumbatan
- 3) Pemasangan lubang sulingan dan dilatasi
- a) Dinding dari pasangan batu harus dilengkapi dengan lubang sulingan. Lubang sulingan harus ditempatkan dengan jarak antara tidak lebih dari 2 m dari sumbu satu ke sumbu lainnya dan harus berdiameter minimal 50 mm.
 - b) Pada struktur panjang yang menerus seperti dinding penahan tanah, maka dilatasi harus dibentuk untuk panjang struktur tidak lebih dari 20 m. Dilatasi harus 30 mm lebarnya dan harus diteruskan sampai seluruh tinggi dinding Batu yang digunakan untuk pembentukan sambungan harus dipilih sedemikian rupa sehingga membentuk sambungan tegak yang bersih dengan dimensi yang disyaratkan di atas.
 - c) Timbunan di belakang dilatasi haruslah dari bahan Drainase Porous berbutir kasar dengan gradasi menerus yang dipilih sedemikian hingga tanah yang ditahan tidak dapat hanyut jika melewatinya, juga bahan Drainase Porous tidak hanyut melewati sambungan.

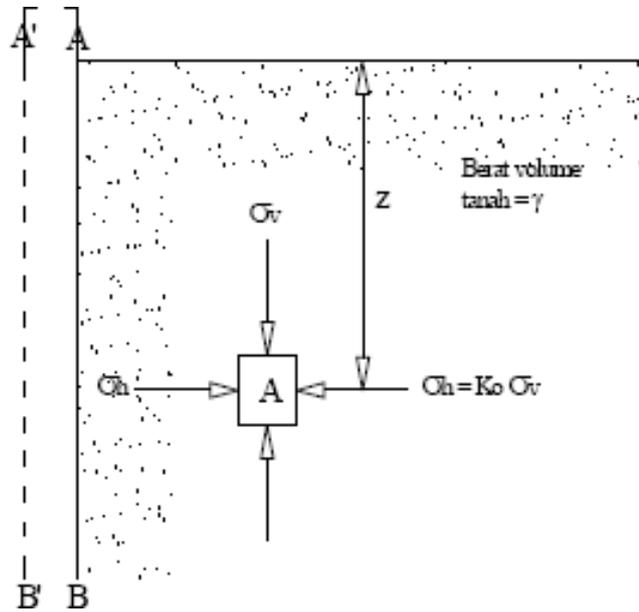
2. Perhitungan dinding penahan tanah

a. Tekanan Tanah Lateral Saat Diam

Menurut (Hardiyatmo, 2003) tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besar tekanan tanah lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan tempat dari dinding penahan tanah dan sifat-sifat tanah asli.

Pada Gambar III. 5 tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin (*frictionless wall*) AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman z akan mendapatkan tekanan ke arah vertikal σ_v dan

horizontal σ_h , dimana σ_v dan σ_h merupakan tekanan efektif dan tekanan total tanah. Tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis apabila dinding dalam keadaan diam. Koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam K_0 yaitu tekanan arah horizontal dan vertikal, seperti pada Gambar III.5.



Sumber: Das, 1993

Gambar III. 5 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam

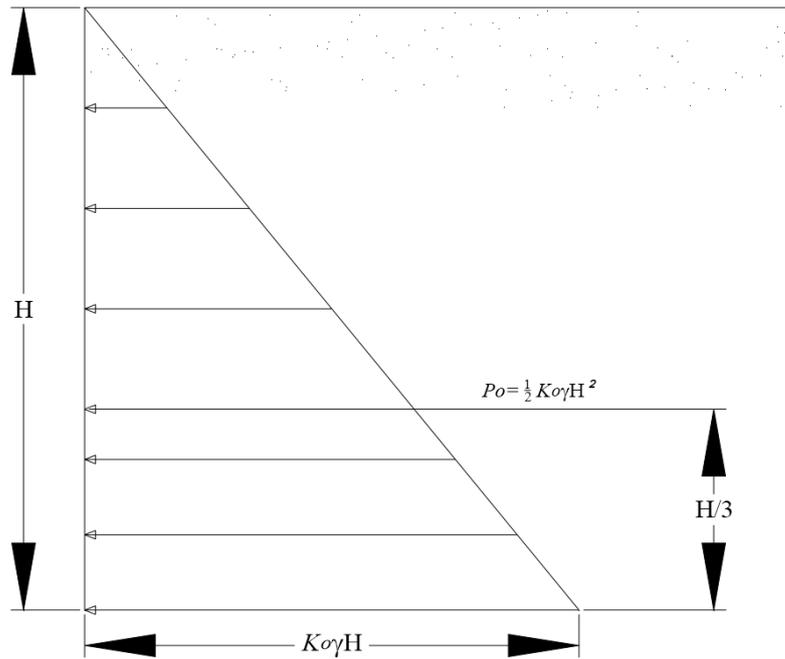
Menurut Das, 1993 persamaanya dapat ditulis sebagai berikut:

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots (III. 1)$$

Karena $\sigma_v = \gamma z$, maka tekanan lateral saat diam adalah:

$$\sigma_h = K_0 (\gamma z) \dots\dots\dots (III. 2)$$

Nilai gaya total per satuan lebar dinding P_0 sama dengan luas dari diagram tekanan tanah. Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H.



Sumber: Das, 1993

Gambar III. 6 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam

Menurut Das, 1993 persamaannya sebagai berikut:

$$P_o = \frac{1}{2} \times K_o \gamma H^2 \dots\dots\dots(\text{III. 3})$$

(Hardiyatmo, 2003) mengatakan pada posisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam dan tekanan tanah lateral (horisontal) pada dinding, pada kedalaman tertentu (z), ditentukan oleh persamaaan:

$$\sigma_h = K_o z \gamma \dots\dots\dots(\text{III. 4})$$

atau

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\gamma z} = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots(\text{III. 5})$$

Dengan:

σ_h = Tegangan horisontal efektif (kN/m³)

σ_v = Tegangan vertikal efektif (kN/m³)

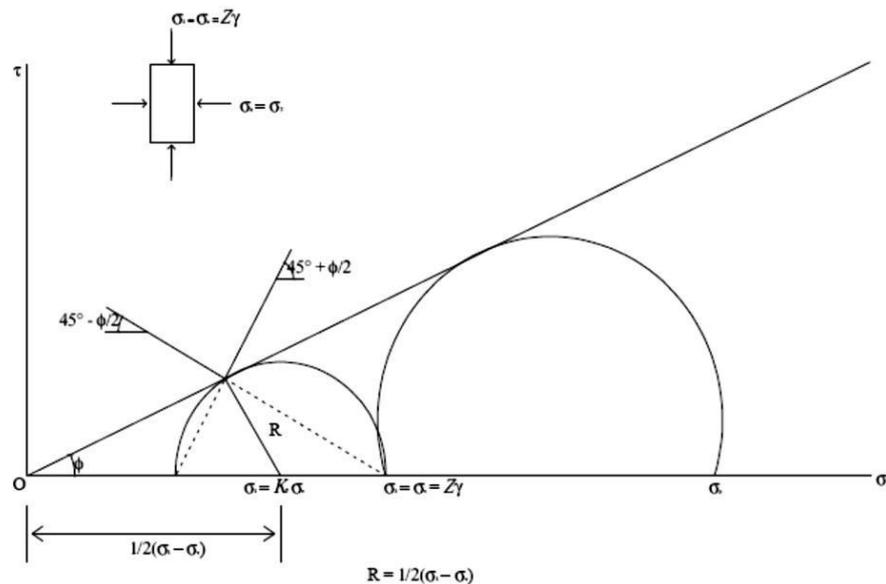
K_o = Koefisien tekanan tanah saat diam

z = Kedalaman dari muka air (m)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

b. Teori Rankine

Ditinjau suatu tanah tak berkoheisi yang homogen dan isotropis yang terletak pada ruangan semi tak terhingga dengan permukaan horisontal, dan dinding penahan vertikal berupa dinding yang licin sempurna. Untuk mengevaluasi tekanan tanah aktif dan tahanan tanah pasif, ditinjau kondisi keseimbangan batas pada suatu elemen di dalam tanah, dengan kondisi permukaan horisontal dan tidak ada tegangan geser pada kedua bidang vertikal maupun horisontalnya. Dianggap tanah ditahan dalam arah horisontal. Pada kondisi aktif sembarang elemen tanah akan sama seperti benda uji dalam alat triaksial yang diuji dengan penerapan tekanan sel yang dikurangi, sedangkan tekanan aksial tetap. Ketika tekanan horisontal dikurangi pada suatu nilai tertentu, kuat geser tanah pada suatu saat akan sepenuhnya berkembang dan tanah kemudian mengalami keruntuhan. Gaya horisontal yang menyebabkan keruntuhan ini merupakan tekanan tanah aktif dan nilai banding tekanan horisontal dan vertikal pada kondisi ini, merupakan koefisien tekanan aktif atau K_a , seperti dinyatakan dalam persamaan (2.6) dengan melihat Gambar III. 7 (Hardiyatmo, 2003).



Sumber: Hardiyatmo, 2003

Gambar III. 7 Tegangan Rankine dengan menggunakan lingkaran mohr.

Menurut (Hardiyatmo, 2003) persamaannya sebagai berikut:

$$K_a = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots(\text{III. 6})$$

Dengan $\sigma_v = z\gamma$

Dari lingkaran Mohr pada Gambar III. 7 disimpulkan bahwa:

$$\sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} \dots\dots\dots(\text{III. 7})$$

Dengan $\sigma_v = \sigma_1 = z\gamma$ dan ϕ yang telah diketahui, substitusi persamaan (III.6) ke persamaan (III.7) akan diperoleh:

$$\sigma_3 = \sigma_1 \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} z\gamma \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$$

Karena $\sigma_3 = K_a z\gamma$, maka, untuk muka tanah datar berlaku:

$$K_a = \frac{\sigma_3}{z\gamma} = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \dots\dots\dots(\text{III. 8})$$

Menurut (Hardiyatmo, 2003) apabila tanah ditekan dalam arah horisontalnya, sembarang elemen tanah akan sama kondisinya seperti keadaan benda uji dalam alat triaksial yang dibebani sampai runtuh melalui penambahan tekanan sel sedang tekanan aksial tetap. Nilai banding tegangan horisontal dan vertikal pada kondisi ini merupakan koefisien tekanan pasif atau K_p . Besaran K_p dapat dinyatakan (untuk muka tanah datar) :

$$K_p = \frac{\sigma_3}{z\gamma} = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \dots\dots\dots(\text{III. 9})$$

Dari persamaan (III.8) dan persamaan (III.9), dapat dinyatakan bahwa:

$$K_p = \frac{1}{K_a} \dots\dots\dots (III. 10)$$

Persamaan (III.10) berlaku untuk kondisi permukaan tanah horisontal.

c. Tekanan Tanah Lateral pada Dinding dengan Permukaan Horisontal

Pada Gambar III. 8 menunjukkan dinding penahan dengan tanah urug tak berkoheesi seperti pasir ($c = 0$), dengan berat volume γ dan sudut gesek dalam ϕ , dan tidak terdapat air tanah. Untuk kedudukan aktif Rankine, tekanan tanah aktif (P_a) pada dinding penahan tanah di sembarang kedalaman dapat dilihat pada persamaan III.11.

Pada kedudukan pasif, tekanan tanah aktif (P_a) pada kedalaman z dari puncak dinding penahan dinyatakan oleh:

$$P_a = z \gamma K_a; \text{ untuk } c = 0 \dots\dots\dots (III. 11)$$

Tekanan tanah aktif total (P_a) untuk dinding penahan tanah setinggi H dengan luas diagram tekanannya Gambar III. 8a dinyatakan dengan persamaan:

$$P_a = 0.5H^2\gamma k_a \dots\dots\dots (III. 12)$$

Dengan :

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

P_a = Tekanan tanah aktif total (kN/m)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

K_a = Koefisien tekanan aktif

H = Tinggi dinding penahan (m)

Distribusi tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan untuk kedudukan pasif *Rankine*, ditunjukkan dalam Gambar III. 8b. Tekanan tanah pasif (P_p) pada sembarang kedalaman dinding penahan dinyatakan dalam persamaan:

$$P_p = z \gamma K_p ; c = 0 \dots\dots\dots (III. 13)$$

Tekanan tanah pasif pada dasar dinding penahan tanah: $P_p = H\gamma K_p$

Tekanan tanah pasif total (Pp) merupakan luas diagram tekanan pasifnya, yaitu persamaan (III.14).

$$P_p = 0.5H^2\gamma K_p \dots\dots\dots (III. 14)$$

Dengan :

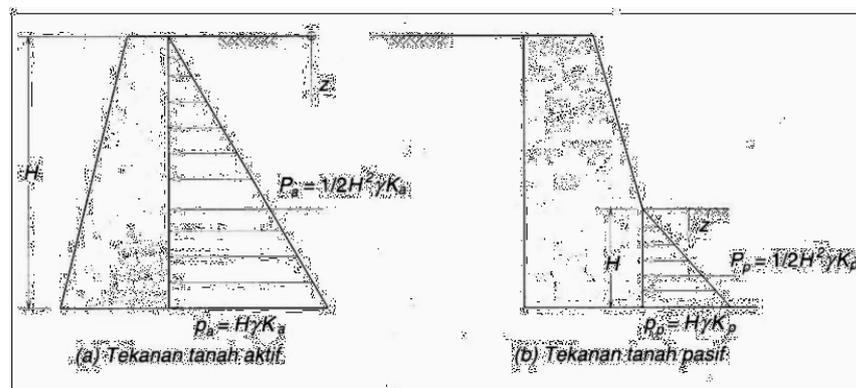
P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

P_p = Tekanan tanah pasif total (kN/m)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

K_p = Koefisien tekanan pasif

H = Tinggi dinding penahan (m)

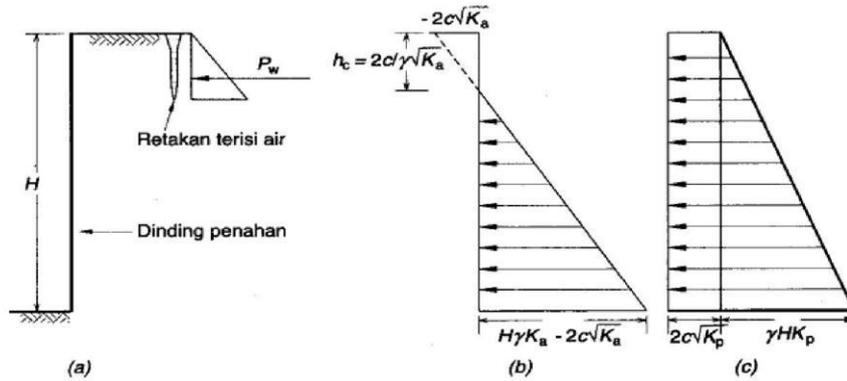


Sumber: Hardiyatmo, 2003

Gambar III. 8 Distribusi tekanan tanah untuk permukaan tanah horizontal

d. Tekanan Tanah Lateral untuk Tanah Kohesif

Kondisi tanah urugan kembali berupa tanah kohesif seperti tanah lempung, besarnya tekanan tanah aktif menjadi berkurang. (Bell, 1915) mengusulkan suatu penyelesaian hitungan tekanan tanah lateral pada dinding penahan dengan tanah urugan kembali untuk tanah berlempung, seperti ditunjukkan dalam Gambar III.9. Hitungan didasarkan pada persamaan Rankine dan Coulomb dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi tegangan pada lingkaran Mohr.



Sumber: Hardiyatmo, 2003

Gambar III. 9 Galian pada tanah kohesif

Menurut (Hardiyatmo, 2003) dengan menggunakan lingkaran Mohr didapatkan persamaan untuk tekanan tanah arah horisontal $\sigma_h = P_a$ (tekanan aktif):

$$p_a = \gamma z \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \dots\dots\dots(\text{III. 15})$$

Berdasarkan Gambar III.9, terdapat kemungkinan bahwa galian tanah pada tanah kohesif dapat dibuat dengan tebing galian vertikal. Di permukaan tanah atau $z = 0$, maka dapat dinyatakan:

$$p_a = -2c \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = -2c \sqrt{K_a} \dots\dots\dots(\text{III. 16})$$

Nilai negatif dimaksudkan adanya gaya tarik yang bekerja, dimulai dari kedalaman tertentu (h_c) dari permukaan tanah seperti Gambar III.9b. Kedalaman dimana $P_a = 0$, akan memberikan kedalaman retakan tanah urugan akibat gaya tarik, seperti dalam persamaan (III.17) (Hardiyatmo, 2003).

$$h_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} \dots\dots\dots(\text{III. 17})$$

$$h = H - h_c \dots\dots\dots(\text{III. 18})$$

Sehingga didapatkan nilai tekanan tanah aktif total pada dinding penahan setinggi H, dengan tanah urug yang berupa tanah kohesif dapat dinyatakan:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2c H \sqrt{K_a} \dots\dots\dots (III. 19)$$

Momen tanah aktif akibat kohesi dapat dinyatakan:

$$M_a = P_a x \frac{h}{3} \dots\dots\dots (III. 20)$$

Dengan:

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

M_a = Momen tanah aktif (kNm)

C = Kohesi tanah (kN/m²)

H = Tinggi dinding penahan tanah (m)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

ϕ = Sudut gesek tanah (°)

Apabila tekanan tanah pasif dapat dinyatakan:

$$P_p = \gamma z \operatorname{tg}^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) + 2c \operatorname{tg}(45^\circ + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots (III. 21)$$

Di permukaan tanah dimana $z = 0$, maka dapat ditulis:

$$P_p = 2c \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) 2c \sqrt{K_p} \dots\dots\dots (III. 22)$$

Tekanan tanah pasif akibat tekanan dari tanah dapat dinyatakan:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p \dots\dots\dots (III. 23)$$

Tekanan tanah pasif akibat adanya kohesi dapat dinyatakan:

$$P_p = 2c \cdot H \sqrt{K_p} \dots\dots\dots (III. 24)$$

Sehingga nilai tekanan tanah pasif total pada dinding penahan setinggi H, dengan tanah urug yang berupa tanah kohesif dapat dinyatakan:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2c \cdot H \sqrt{K_p} \dots\dots\dots (III. 25)$$

Momen tanah pasif akibat dari tekanan tanah dapat dinyatakan:

$$M_p = P_p \times \frac{H}{3} \dots\dots\dots (III. 26)$$

Momen tanah pasif akibat adanya kohesi dapat dinyatakan:

$$M_p = P_p \times \frac{H}{2} \dots\dots\dots (III. 27)$$

Dengan:

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif

P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

M_p = Momen tanah pasif (kNm)

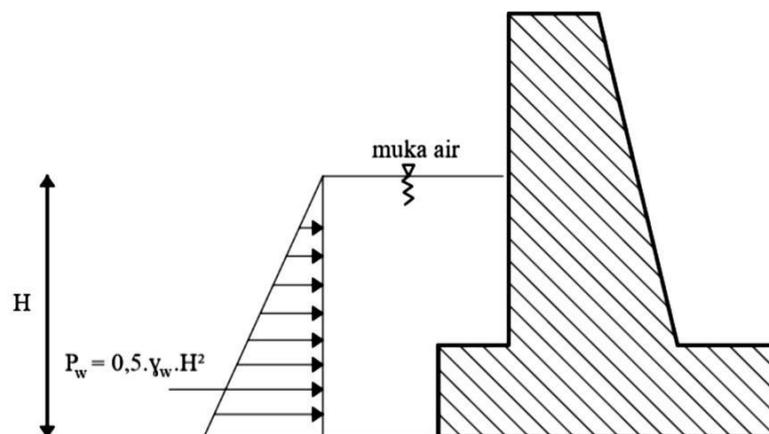
c = Kohesi tanah (kN/m²)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

ϕ = Sudut gesek tanah (°)

e. Tekanan Hidrostatik

Gaya tekan air atau gaya hidrostatik adalah gaya horisontal akibat air di hulu dan hilir bendung. Tekanan hidrostatik adalah fungsi kedalaman di bawah permukaan air, dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan.



Sumber: Maulana, 2019

Gambar III. 10 Tekanan air pada dinding penahan tanah.

Tekanan hidrostatik dapat dinyatakan:

$$P_{air} = 0,5 \cdot \gamma_w \cdot H^2 \dots\dots\dots (III. 28)$$

Momen akibat tekanan hidrostatik dapat dinyatakan:

$$M_{air} = P_{air} \times \frac{H}{3} \dots\dots\dots (III. 29)$$

Dengan :

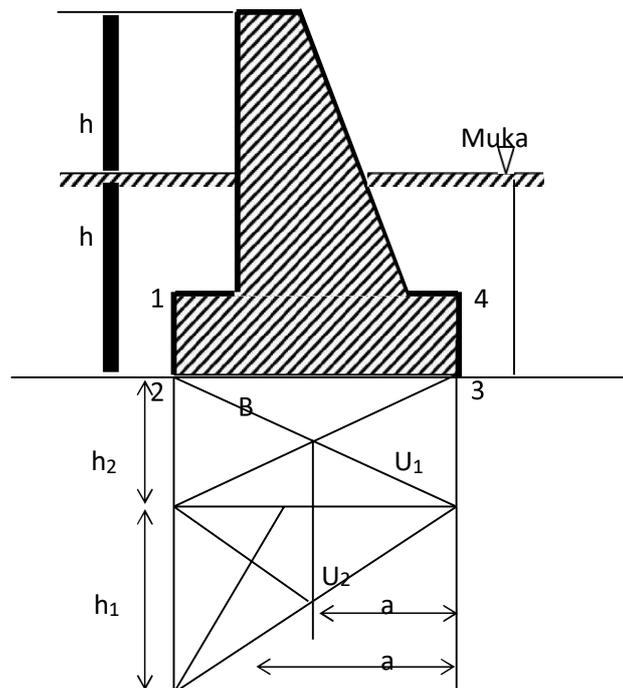
P_{air} = Tekanan air aktif (kN/m)

M_{air} = Momen tekanan air (kNm)

γ_w = Berat volume air (kN/m³)

f. Gaya Angkat (*Uplift*)

Pada konstruksi-konstruksi di daerah yang tergenang air atau muka air tanah yang tinggi, maka akan terjadi adanya tekanan hidrostatik yang mengurangi besarnya angka keamanan (SF). Tekanan air akan mempengaruhi gaya vertikal dan menyebabkan tahanan terhadap guling semakin kecil, sehingga kemungkinan terjadinya guling semakin tinggi.



Sumber: Robyadiansyah, 2012

Gambar III. 11 Pengaruh gaya angkat pada dinding penahan tanah.

Gaya tekan akibat gaya angkat dapat dinyatakan:

$$U_1 = B \cdot h_2 \cdot \gamma_w \dots\dots\dots (III. 30)$$

$$U_2 = 0.5 \cdot B \cdot h_2 \cdot \gamma_w \dots\dots\dots (III. 31)$$

$$\Sigma U = U_1 + U_2 \dots\dots\dots (III. 32)$$

Momen akibat gaya angkat (*uplift*) dapat dinyatakan:

$$Mu_1 = U_1 \cdot a_1 \dots\dots\dots (III. 33)$$

$$Mu_2 = U \cdot a_2 \dots\dots\dots (III. 34)$$

$$\Sigma Mu = Mu_1 + Mu_2 \dots\dots\dots (III. 35)$$

Dengan:

ΣU = Gaya angkat/*uplift* (kN)

B = Lebar dinding (m)

γ_w = Berat volume air (kN/m³)

ΣMu = Momen *uplift* (kNm)

g. Kegempaan

Percepatan gempa di lokasi dinding penahan tanah daerah

Meluwung ditentukan berdasarkan:

$$ad = Z \times ac \times v \dots\dots\dots (III. 36)$$

Dengan:

ad = Percepatan gempa desain (gal)

ac = Percepatan gempa dasar (gal)

Z = Koefisien zona gempa (0,6 – 0,9)

g = Gravitasi

E = ad/g (koefisien gempa)

Lokasi dinding penahan tanah daerah Meluwung bertumpu padaa batuan maka factor koreksi v = 1,20. Dari persamaan diatas percepatan

gempa di lokasi dinding penahan tanah daerah Meluwung memiliki koefisien gempa (E) berkisar antara 0,06 – 0,09 untuk periode 10 tahunan.

Tabel III. 1 Periode ulang dan percepatan dasar gempa, a_c

Periode ulang (tahun)	a_c (gal = cm/dt ²)
10	90
20	120
100	190
200	220
500	250
1000	280
5000	330

Sumber: KP-06, 2013

Tabel III. 2 Faktor Koreksi Pengaruh Jenis Tanah Setempat

No.	Jenis Tanah	Periode Predominan TS (detik)	Koreksi V
1	Batuan : a) Perlapisan terbentuk sebelum periode kuarter disebut batuan b) Lapisan aluvial diatas lapisan batuan dengan tebal kurang 10 m	$TS \leq 0,25$	0,8
2	Aluvium : a) Lapisan auvial diatas lapisan batuan dengan tebal lebih dari 10 m; b) Lapisan aluvial diatas lapisan batuan tebal kurang dari 10 m	$0,25 < TS \leq 0,50$	1,00
3	Aluvium Lunak	$0,25 < TS \leq 0,50$	1,10
4	Aluvium Lunak	$TS \geq 0,75$	1,20
Catatan : (1) Yang termasuk dalam lapisan dialuvial adalah lapisan pasirpadat; kerikil bongkahan; lempung keras; (2) Yang termasuk lapisan aluvial adalah lapisan endapan baru seperti endapan sungai; longsor;			

Sumber: KP-06, 2013

h. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

1) Stabilitas Terhadap Geser

Akibat gaya-gaya lateral seperti tekanan tanah aktif P_a yang bekerja, maka dinding penahan tanah dapat bergeser. Gaya-gaya lateral P_a tersebut akan mendapatkan perlawanan dari tekanan tanah Pasif P_p dan gaya gesek antara dasar dinding dan tanah.

Rumus yang digunakan:

$$SF = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 1.5 \dots\dots\dots (III. 37)$$

$$\Sigma R_h = c \times B + \Sigma W \times \tan \phi \dots\dots\dots (III. 38)$$

Dengan:

SF = Faktor Keamanan

ΣR_h = Tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran (kN)

ΣP_h = Jumlah tekanan gaya horisontal (kN)

ΣW = Jumlah gaya berat sendiri dinding penahan tanah (kN)

B = Lebar dasar pondasi (m)

C = Kohesi (kN/m²)

ϕ = Sudut geser internal tanah (°)

Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi minimum diambil 1,5 (Bowles,1997) menyarankan:

SF \geq 1,5 untuk tanah dasar granuler

SF \geq 2 untuk tanah kohesif

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 plat fondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi.

Faktor aman terhadap penggulingan (SF) dirumuskan:

$$SF = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \geq 1,5 \dots\dots\dots (III. 39)$$

Dengan:

ΣMt = Momen melawan terhadap guling (kNm)

ΣMg = Momen yang mengakibatkan penggulingan (kNm)

Faktor aman terhadap penggulingan bergantung pada jenis tanah, yaitu:

SF \geq 1,5 untuk tanah dasar granuler

SF \geq 2 untuk tanah kohesif

3) Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah

Tekanan kontak pada tanah dasar pondasi > tegangan ijin tanah.

Tegangan ijin tanah = kapasitas dukung ultimit dibagi faktor aman F (F \geq 3) (Endaryanta, 2017).

Kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk pondasi memanjang menggunakan cara Terzaghi dinyatakan sebagai berikut:

$$q_u = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \dots\dots\dots (III. 40)$$

Kapasitas dukung tegangan ijin dinyatakan sebagai berikut:

$$q_a = q_u : 3 \text{ (Dengan } F = 3) \dots\dots\dots (III. 41)$$

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung dinyatakan sebagai berikut:

$$F = \frac{q_u}{q_a} \dots\dots\dots (III. 42)$$

Dengan:

q_u = Kapasitas dukung ultimit (kN/m²)

q_a = Kapasitas dukung tegangan izin (kN/m²)

c = Kohesi tanah dasar (kN/m²)

D_f = Kedalaman pondasi (m)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

B = Lebar pondasi (m)

N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas tanah dukung (fungsi ϕ)

Tabel III. 3 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah terzaghi

Φ (°)	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	00,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,8	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber: Hardiyatmo, 2007

Nilai N_c' , N_q' , dan N_γ' adalah faktor kapasitas dukung tanah pada kondisi keruntuhan geser lokal. Menurut Hardiyatmo, 2007 dalam analisis kapasitas dukung tanah, istilah-istilah berikut ini penting diketahui:

- Tekanan overburden total (*total overburden pressure*) (p) adalah intensitas tekanan total yang terdiri dari berat material di atas dasar fondasi total, yaitu berat tanah dan air sebelum fondasi dibangun.
- Kapasitas dukung ultimit (*ultimit bearing capacity*) (q_u) adalah bagian maksimum persatuan luas yang masih dapat didukung oleh fondasi, dengan tidak terjadi kegagalan geser pada tanah yang

mendukungnya. Besarnya beban yang didukung, termasuk beban struktur, beban pelat fondasi, dan tanah urug di atasnya.

- c) Kapasitas dukung ultimit neto (*net ultimate bearing capacity*) (q_{un}) adalah nilai intensitas beban fondasi neto dimana tanah akan mengalami keruntuhan geser dengan :

$$q_{un} = q_u - \gamma \cdot D_f \dots\dots\dots (III. 43)$$

Dengan:

$$q_{un} = \text{Kapasitas dukung ultimit neto (t/m}^2\text{)}$$

$$q_u = \text{Kapasitas dukung ultimit (t/m}^2\text{)}$$

- d) Tekanan fondasi total (*total foundation pressure*) atau intensitas pembebanan kotor (*gross loading intensity*) (q) adalah intensitas tekanan total pada tanah didasar fondasi, sesudah struktur selesai dibangun dengan pembebanan penuh. Beban-bebannya termasuk berat kotor fondasi, berat struktur atas, dan berat kotor tanah urug termasuk air di atas dasar fondasi.

- e) Tekanan fondasi neto (*net foundation pressure*) (q_n) untuk suatu fondasi tertentu adalah tamabahan tekanan pada dasar fondasi, akibat beban mati dan beban hidup dari struktur. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

$$q_n = q - \gamma \cdot D_f \dots\dots\dots (III. 44)$$

Dengan:

$$q_n = \text{Tekanan fondasi neto (t/m}^2\text{)}$$

- f) Kapasitas dukung perkiraan (*presumed bearing capacity*) adalah intensitas beban neto yang dipandang memenuhi syarat untuk jenis tanah tertentu untuk maksud perancangan awal. Nilai tertentu tersebut didasarkan pada pengalaman lokal, atau dengan hitungan yang diperoleh dari pengujian kekuatan atau pengujian pembebanan dilapangan, dengan memperhatikan faktor aman terhadap keruntuhan geser.

- g) Kapasitas dukung ijin (*allowable bearing capacity*) (q_a) adalah besarnya intensitas beban neto maksimum dengan mempertimbangkan besarnya kapasitas dukung, penurunan dan

kemampuan struktur untuk menyesuaikan terhadap pengaruh penurunan tersebut.

Faktor aman (F) dalam tinjauan kapasitas dukung ultimit neto didefinisikan:

$$F = \frac{q_{un}}{q_n} = \frac{q_u - \gamma \cdot D_f}{q - \gamma D_f} \dots\dots\dots (III. 45)$$

Dengan:

γ = Berat volume tanah di atas dasar fondasi (kN/m³)

D_f = Kedalaman fondasi (m)

Prinsip yang digunakan untuk menentukan besarnya tegangan pada dinding sama seperti menentukan tegangan pada tanah dasar dimana tegangan pada bidang horisontal dihitung dengan rumus:

a) Tegangan vertikal desak maksimum, dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{max} = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right) \dots\dots\dots (III. 46)$$

b) Tegangan vertikal desak maksimum, dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{min} = \frac{V}{B} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B}\right) \dots\dots\dots (III. 47)$$

c) Tegangan geser (lintang) pada tubuh dinding:

$$\tau = \frac{H}{B \cdot 1} \leq \text{kuat geser izin bahan dinding} \dots\dots\dots (III. 48)$$

Dengan:

V = Komponen gaya vertical

H = Komponen gaya horizontal

B = Lebar bagian potongan yang ditinjau

1 = Panjang dinding tiap 1 meter

E = Eksentrisitas

BAB IV

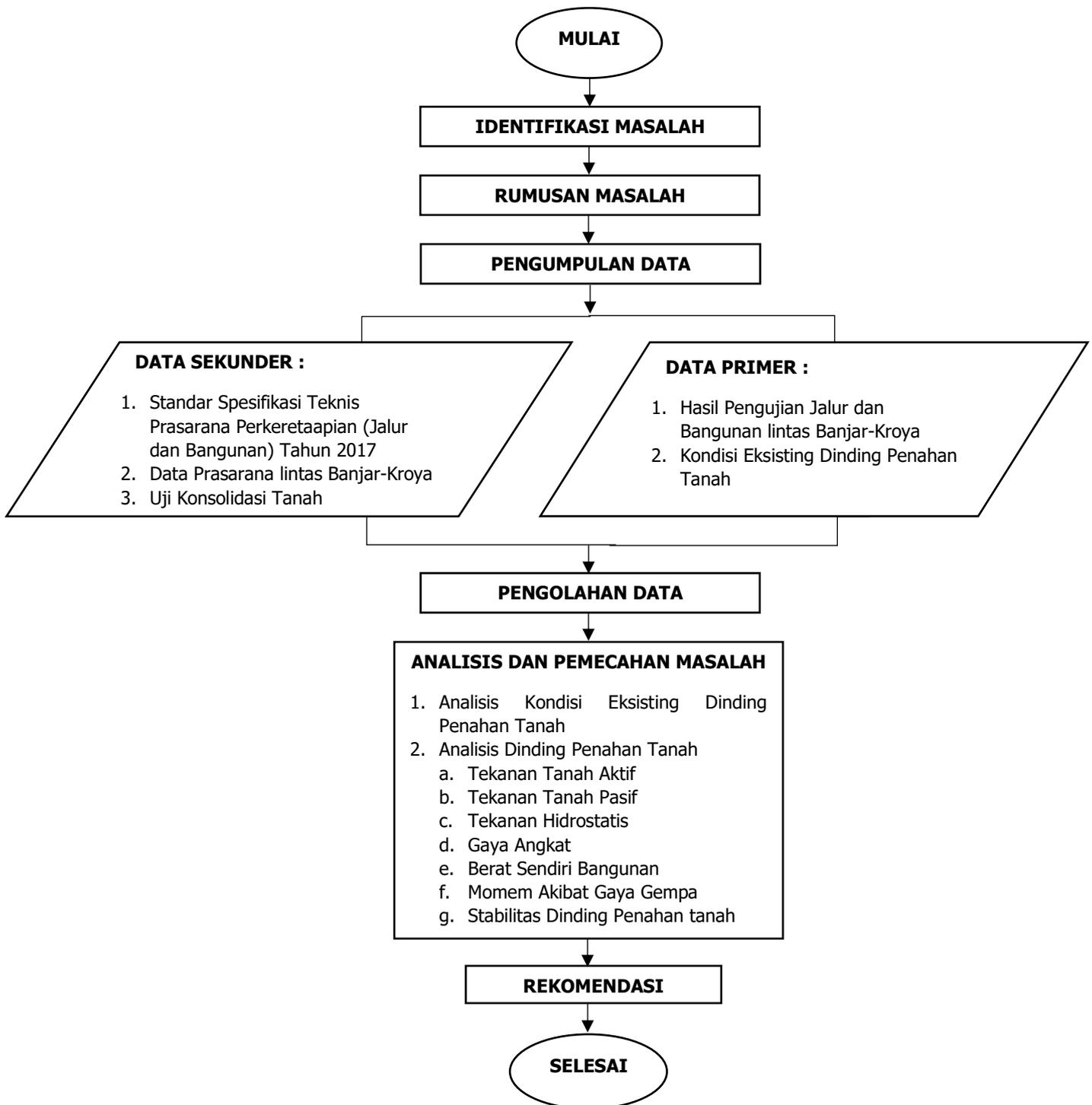
METODE PENELITIAN

IV.1 Alur Pikir Penelitian

Alur pikir penelitian merupakan langkah awal dalam rencana penelitian yang dilakukan oleh penulis untuk mendapat pemecahan masalah KKW dengan judul "Upaya Peningkatan Dinding Penahan Tanah Sesuai Spesifikasi Teknis Lintas Banjar – Kroya KM 315+840 s.d. 402+100" dengan mengumpulkan data yang didapat berupa data primer dan data sekunder. Adapun alur pikir untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan latar belakang, mengidentifikasi masalah, perumusan masalah, maksud tujuan serta menentukan ruang lingkup dan batasan – batasan permasalahan dari penelitian yang dilakukan.
2. Mengumpulkan data-data yang diperlukan serta mendukung penelitian yang dilakukan baik data sekunder maupun data primer.
3. Mengidentifikasi permasalahan yang ada dalam melihat kondisi eksisting di lapangan serta keadaan yang sebenarnya di lapangan.
4. Melakukan analisa terlebih dahulu sesuai dengan data yang sudah di dapatkan.
5. Memberikan usulan peningkatan terhadap dinding penahan tanah sesuai dengan hasil analisa.
6. Menetapkan kesimpulan dan memberikan saran dari hasil analisa dan pemecahan masalah yang telah dilakukan.

IV.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar IV. 1 Bagan Alir Penelitian

IV.3 Teknik Pengumpulan Data

1. Alat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan alat bantu untuk melakukan penelitian. Alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah:

a. Meteran

Pada penelitian ini meteran digunakan untuk mengukur diameter pipa sulingan, lebar dilatasi, dan jarak antar pipa sulingan.

b. Kamera

Kamera digunakan untuk mengambil gambar yang berkaitan dengan penelitian dan difungsikan sebagai alat bukti dalam penelitian

c. Alat tulis

Alat tulis yang digunakan yaitu pena dan kertas untuk mencatat kesalahan yang terdapat dalam penelitian.

2. Proses pengumpulan data

Menurut (Sugiyono, 2017) menjelaskan bahwa Metode penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Data yang dikumpulkan dalam penelitian Kertas Kerja Wajib (KKW) terdiri dari dua data yaitu, data sekunder dan data primer. Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada (Hasan, 2002). Data ini diperoleh dari suatu instansi terkait yang mempunyai data untuk penelitian, sedangkan data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan langsung di lapangan yang melakukan penelitian atau yang bersangkutan yang memerlukannya (Khrisna, 2002). Data ini diperoleh melalui survei maupun melihat secara langsung di lapangan. Data tersebut sebagai berikut:

1. Data Sekunder

Data sekunder berfungsi untuk mendukung pengumpulan data primer, data yang didapat sebagai berikut:

a. Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017

Data ini merupakan data pedoman persyaratan teknis dinding penahan tanah, data ini diperoleh dari Balai Pengujian Perkeretaapian.

b. Data Prasarana lintas Banjar – Kroya

Data ini berisikan tentang Prasarana yang ada pada lintas Banjar – Kroya, data ini diperoleh dari Balai Teknik Perkeretaapian Jawa Bagian Tengah

c. Uji Konsolidasi Tanah

Data ini berisikan tentang volume tanah, volume tanah basah, sudut gesek dalam, dan kohesi tanah, data ini diperoleh Balai Teknik Perkeretaapian Jawa Bagian Tengah.

2. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara melakukan pengamatan atau survei langsung di lapangan mengenai kondisi yang ada. Data – data primer tersebut di dapatkan dengan kondisi pada jalur. Data yang didapat sebagai berikut:

a. Hasil Pengujian Pertama Jalur dan Bangunan Lintas Banjar – Kroya

Data ini berisikan tentang hasil item pengujian yang diuji untuk menentukan lulus atau tidaknya item yang diuji

b. Kondisi Eksisting Dinding Penahan Tanah

Pengamatan langsung yang dilakukan untuk menyesuaikan antara data sekunder dan data primer

IV.4 Teknik Analisis Data

Menurut (Keraf, 2007) menjelaskan bahwa Analisis adalah sebuah proses untuk memecahkan sesuatu ke dalam bagian-bagian yang saling berkaitan satu sama lainnya, pada tahap ini terdiri dari beberapa bagian

yaitu, analisis yang akan digunakan dalam penulisan Kertas Kerja Wajib (KKW). Berikut ini merupakan analisis yang disampaikan digunakan dalam penelitian ini.

1. Analisis Kondisi Eksisting Dinding Penahan Tanah

Analisis kondisi eksisting dimaksud untuk mengetahui permasalahan kondisi saat ini yang berkaitan dengan peningkatan dan perbaikan dinding penahan tanah dan membandingkan dengan peraturan yang berlaku yaitu Standar Spesifikasi Teknis Tahun 2017 tentang Kontruksi Jalan Rel, Sipil, Jembatan dan Bangunan Kereta Api.

2. Analisis Dinding Penahan Tanah

a. Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardiyatmo (2003) tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya.

b. Perhitungan Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya.

c. Perhitungan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah fungsi kedalaman di bawah permukaan air, dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan.

d. Perhitungan Gaya Angkat (*Uplift*)

Gaya angkat ke atas/*uplift* adalah gaya tekanan air bekerja pada dasar dan dalam tubuh bangunan. Gaya bekerja tegak lurus terhadap bidang tekan.

e. Perhitungan Berat Sendiri Bangunan

Berat sendiri bangunan adalah beban yang intensitasnya tetap dan posisinya tidak berubah selama usia penggunaan bangunan.

f. Perhitungan Momen Akibat Gaya Gempa

Setiap struktur bangunan harus direncanakan dan dilaksanakan untuk menahan suatu beban geser dasar akibat gempa.

g. Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Akibat gaya-gaya lateral seperti tekanan tanah aktif yang bekerja, maka dinding penahan tanah dapat bergeser. Gaya-gaya lateral tersebut akan mendapatkan perlawanan dari tekanan tanah Pasif dan gaya gesek antara dasar dinding dan tanah.

IV.5 Lokasi Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian merupakan lokasi atau daerah studi di mana penelitian tersebut dilakukan. Lokasi penelitian ini berada pada wilayah kerja Balai Teknik Perkeretaapain Wilayah Jawa Bagian Barat, yaitu pada lintas Banjar - Kroya.

2. Jadwal Penelitian

Waktu penelitian dilakukan dalam kurun waktu 7 hari. Yang dimulai tanggal 6 April 2021 sampai dengan April 2021. Waktu penyusunan KKW 19 Juni 2021 sampai dengan 6 Agustus 2021.

BAB V

ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

V.1 Analisis Kondisi Eksisting Dinding Penahan Tanah Lintas Banjar – Kroya

Berdasarkan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017 telah dijelaskan tentang Persyaratan Teknis Dinding Penahan Tanah. Berikut merupakan kondisi eksisting Dinding Penahan Tanah lintas Banjar – Kroya:

1. Dinding Penahan Tanah tidak memiliki pipa sulingan di KM 339+020

Dinding penahan tanah ini dapat dikategorikan tidak sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017 karena tidak memiliki pipa sulingan. Tidak terdapat pipa pada dinding penahan tanah pada saat hujan bisa menyebabkan tanah mengendap dikarenakan air tidak dapat dialirkan keluar sehingga dapat membuat dinding penahan tanah. Hal ini dapat terjadi karena buruh bangunan tidak mengetahui desain yang telah dibuat. Dinding penahan tanah ini harus diperbaiki dan dipasang pipa sulingan berdiameter 2 inch sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis tahun 2017.



Sumber: Tim PKL Balai Pengujian Perkeretaapian, 2021

Gambar V. 1 Dinding Penahan Tanah Tidak Memiliki Pipa

2. Pipa tidak sesuai dengan Persyaratan Teknis di KM 320+220

Pipa yang dipasang oleh kontraktor berdiameter 1 inch tidak sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017 dan tidak sejajar dengan permukaan luar dinding penahan tanah. Pipa yang terpasang harus diganti dengan ukuran 2 inch sesuai Standar Spesifikasi Teknis 2017.



Sumber: Tim PKL Balai Pengujian Perkeretaapian, 2021

Gambar V. 2 Pipa berdiameter 1 inch

3. Pipa sulingan tertutup oleh beton di KM 356+650

Pipa sulingan pada dinding penahan tanah tidak boleh tertutup oleh material lain, agar tidak mengganggu fungsi pipa untuk mengalirkan air. Hal ini disebabkan oleh buruh bangunan yang kurang pengalaman sehingga pipa sulingan tertutup oleh beton. Beton yang menutupi pipa harus dihancurkan untuk mengembalikan fungsi pipa yaitu mengalirkan air.



Sumber: Tim PKL Balai Pengujian Perkeretaapian, 2021

Gambar V. 3 Pipa Sulingan Tertutup Oleh Beton

4. Lebar dilatasi tidak sesuai dengan Persyaratan Teknis di KM 331+925

Lebar dilatasi yang terpasang panjangnya 15 mm, tidak sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017 yaitu 30 mm. Hal ini terjadi karena pembangunan dinding penahan tanah tidak berdasarkan Standar Spesifikasi Teknis Tahun 2017. Bangunan yang sangat panjang tidak dapat menahan deformasi akibat penurunan fondasi, gempa, muai susut, karena akumulasi gaya yang sangat besar pada dimensi bangunan yang panjang, sehingga dibutuhkan dilatasi untuk mengurangi timbulnya retakan atau keruntuhan struktural. Lebar dilatasi yang tidak sesuai harus diganti dengan dilatasi yang sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017.



Sumber: Tim PKL Balai Pengujian Perkeretaapian, 2021

Gambar V. 4 Dilatasi yang tidak sesuai

5. Terdapat beton yang gompal di KM 332+150

Gompal yaitu bagian beton yang pecah terjadi akibat pembongkaran bekisting tidak hati – hati. Gompal pada beton dapat menimbulkan penurunan kekuatan dari struktur dinding. Dinding penahan tanah yang retak dapat dikategorikan kerusakan tingkat berat. Sehingga harus dilakukan analisis untuk memastikan keamanan dinding penahan tanah tersebut.



Sumber: Tim PKL Balai Pengujian Perkeretaapian, 2021

Gambar V. 5 Beton mengalami keretakan

6. Terdapat beton yang mengalami keropos di KM 356+625

Beton keropos terjadi akibat pemadatan yang kurang sempurna saat pengecoran, seharusnya pada saat pengecoran menggunakan vibrator untuk memastikan semua cetakan sudah berisi beton dengan sempurna. Vibrator atau getaran dapat menghilangkan gelembung udara pada saat pengecoran. Dinding penahan tanah yang keropos dapat dikategorikan kerusakan ringan.

Keropos pada beton dapat diperbaiki dengan metode *Grouting* yaitu metode penyuntikkan pasta semen ke dalam tanah dengan tekanan tertentu melewati lubang bor untuk meningkatkan kekuatan tanah (Damayanti, 2014).



Sumber: Tim PKL Balai Pengujian Perkeretaapian, 2021

Gambar V. 6 Beton mengalami keropos

Tabel V. 1 Perbandingan antara kondisi eksisting dengan Standar Spesifikasi Teknis Tahun 2017 tentang Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang

NO.	Letak di Kilometer	Pipa Sulingan		Dilatasi		Panjang Struktur	Keterangan
		Ketersediaan	Kesesuaian	Ketersediaan	Kesesuaian	Kesesuaian	
1	316+700	Ada	Sesuai	Ada	Tidak Sesuai	Sesuai	Lebar dilatasi hanya 15 mm
2	319+100	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
3	319+400	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
4	331+900	Ada	Sesuai	Ada	Tidak Sesuai	Sesuai	Lebar dilatasi hanya 15 mm
5	338+950	Tidak ada	Tidak Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	Tidak ada pipa sulingan
6	350+200	Ada	Tidak Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	Pipa sulingan hanya berdiameter 1 inch
7	354+392	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
8	355+754	Ada	Tidak Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	Pipa sulingan hanya berdiameter 1 inch
9	358+903	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
10	359+080	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
11	362+425	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
12	363+929	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
13	371+010	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
14	372+285	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
15	373+215	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
16	377+300	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	

17	379+943	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
18	380+000	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
19	385+000	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
20	395+000	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	
21	399+400	Ada	Sesuai	Ada	Sesuai	Sesuai	

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Berdasarkan hasil pengujian dinding penahan tanah lintas Banjar – Kroya dapat dilihat bahwasannya masih terdapat beberapa dinding penahan tanah yang belum memenuhi kesesuaian pada Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) tahun 2017. Hal ini dapat mempengaruhi kekuatan dinding penahan tanah. Guna meningkatkan kekuatan dinding penahan tanah yang baik perlu dilakukan pembenahan pada dinding penahan tanah yang belum sesuai dan menyesuaikan dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017.

V.2 Analisis Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan Analisis kondisi eksisting dinding penahan tanah, terdapat beton yang mengalami gompal di KM 332+150 daerah Meluwung, sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk memastikan keamanan dan kekuatan dinding penahan tanah.

Berdasarkan data sekunder yang didapat maka diketahui:

1. Data Beton

$$\text{Berat volume Beton } (\gamma_c) = 2,4 \text{ t/m}^3$$

2. Data Tanah

$$\text{Berat volume tanah } (\gamma) = 1,45 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat volume tanah basah } (\gamma') = 1,77 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 14,93^\circ$$

$$\text{Kohesi tanah } (c) = 0,6 \text{ t/m}^2$$

3. Data Air

$$\text{Berat volume air } (\gamma_w) = 1 \text{ t/m}^3$$

4. Dimensi Dinding Penahan Tanah

$$H = 3 \text{ m} \quad B = 2,1 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,7 \text{ m} \quad b_1 = 0,3 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,45 \text{ m} \quad b_2 = 0,75 \text{ m}$$

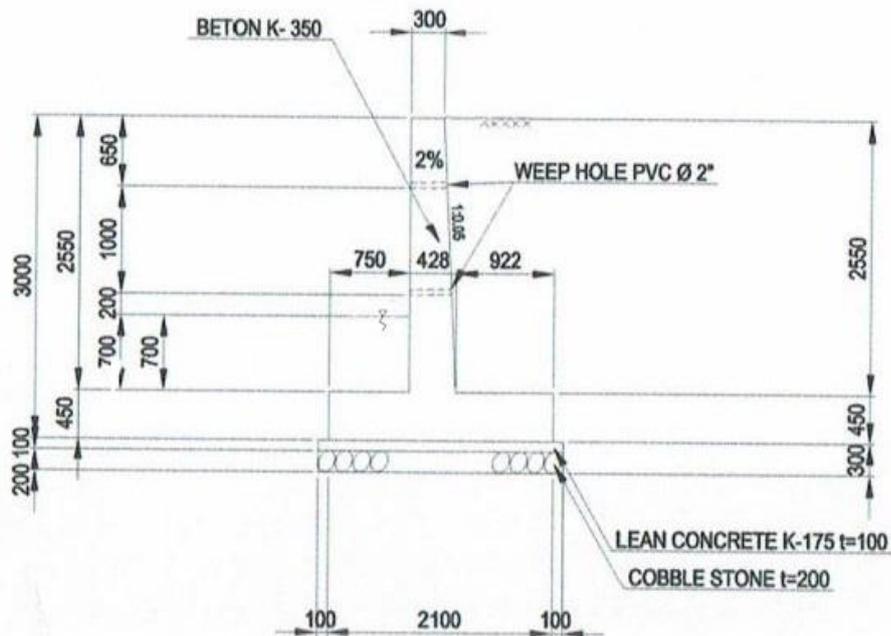
$$h_3 = 2,55 \text{ m} \quad b_3 = 0,428 \text{ m}$$

$$h_4 = 0,45 \text{ m} \quad b_4 = 0,922 \text{ m}$$

Tabel V. 2 Hasil uji konsolidasi tanah

		NATURAL STATE				
ASTM D 2216	- Water Contents	(W _n)	(%)	24.32	21.46	17.67
	- Wet Density	(γ_m)	(gr/cm ³)	1.766	1.606	1.590
	- Dry Density	(γ_{dry})	(gr/cm ³)	1.421	1.322	1.351
	- Void Ratio	(e)		0.863	0.988	0.929
	- Porosity	(n)	(%)	46.33	49.70	48.15
	- Degree Of Saturation	(S _r)	(%)	74.56	57.09	49.59
		DIRECT SHEAR TEST				
	- Type of Test			τ	τ	τ
	- Angel of Internal Friction	(ϕ)	($^\circ$)	-	14.93	23.83
	- Cohesion	(C)	(kg/cm ²)	-	0.060	0.040

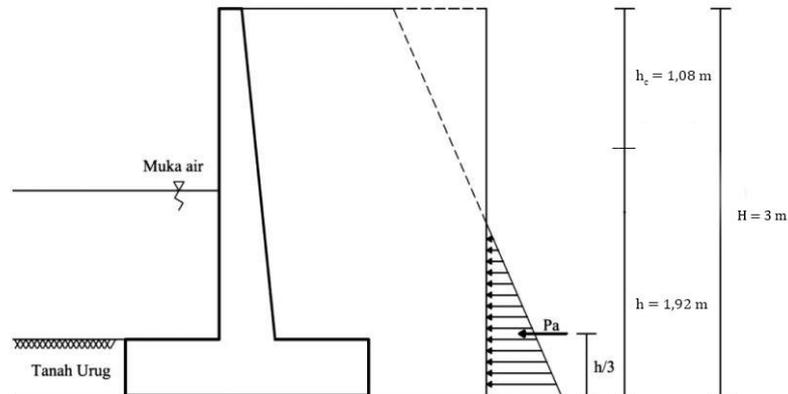
Sumber: Balai Teknik Perkeretaapian Jawa Tengah, 2021



Sumber: Balai Teknik Perkeretaapian Jawa Tengah, 2021

Gambar V. 7 Asbuilt Drawing Dinding Penahan Tanah KM 331+900 Daerah Meluwung

1. Perhitungan Tanah Aktif



Sumber : Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 8 Diagram Tekanan Tanah Aktif

Koefisien tekanan tanah aktif dapat diketahui menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} K_a &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{14,93}{2} \right) \\ &= 0,59 \end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan aktif diketahui, maka nilai tekanan tanah aktif dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Alas diagram} &= H \cdot \gamma \cdot K_a - 2c \cdot \sqrt{K_a} \\ &= 3 \times 1,45 \times 0,59 - 2 \times 0,6 \sqrt{0,59} \\ &= 2,56 - 0,92 \\ &= 1,64 \end{aligned}$$

Kedalaman retakan h_c (dari muka tanah):

$$\begin{aligned} h_c &= \frac{2 \cdot C}{\gamma \sqrt{K_a}} \\ &= \frac{2 \cdot 0,6}{1,45 \sqrt{0,59}} \\ &= 1,08 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= H - h_c \\
 &= 3 - 1,08 \\
 &= 1,92 \text{ m}
 \end{aligned}$$

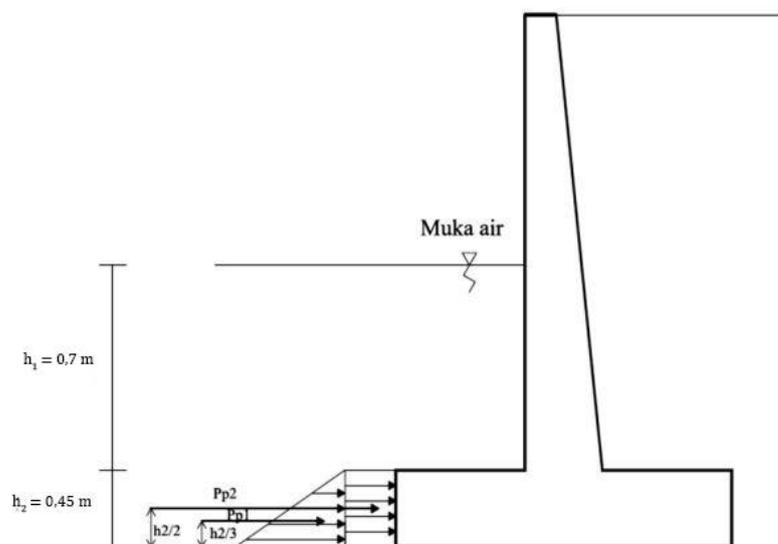
$$\begin{aligned}
 P_a &= \frac{1}{2} \text{ alas diagram} \times h \\
 &= 0,5 \times 1,64 \times 1,92 \\
 &= 1,574 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Momen tekanan tanah aktif dapat diketahui menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 M_a &= P_a \frac{h}{3} \\
 &= 1,574 \times \frac{1,92}{3} \\
 &= 1,007 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan hasil tekanan tanah aktif sebesar 1,574 ton dan momen tanah aktif sebesar 1,007 tm.

2. Perhitungan Tekanan Tanah Pasif



Sumber : Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 9 Diagram Tekanan Tanah Pasif

Koefisien tekanan pasif dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}K_p &= \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \\&= \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{14,93}{2}\right) \\&= 5,32\end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan pasif diketahui, maka nilai tekanan tanah pasif yaitu:

$$\begin{aligned}P_{p1} &= \frac{1}{2}h_2^2 \cdot \gamma' \cdot K_p \\&= 0,5 \times 0,45^2 \times 1,77 \times 5,32 \\&= 0,953 \text{ ton}\end{aligned}$$

Tekanan tanah pasif akibat kohesi (P_{p2}) dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}P_{p2} &= 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p} \cdot h_2 \\&= 2 \times 0,6 \times \sqrt{5,32} \times 0,45 \\&= 1,245 \text{ ton}\end{aligned}$$

Jumlah tekanan tanah pasif dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}\Sigma P_p &= P_{p1} + P_{p2} \\&= 0,953 + 1,245 \\&= 2,198 \text{ ton}\end{aligned}$$

Momen tekanan tanah pasif dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}M_{p1} &= P_{p1} \cdot \frac{1}{3} \cdot h_2 \\&= 0,953 \times \frac{1}{3} \times 0,45 \\&= 0,142 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

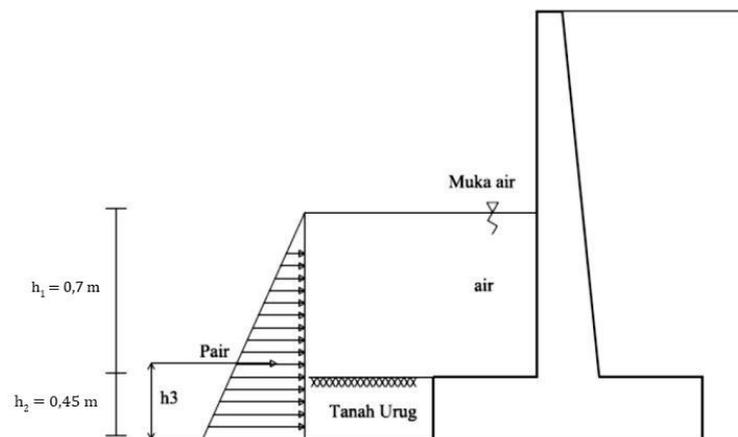
$$\begin{aligned}M_{p2} &= P_{p2} \cdot \frac{1}{2} \cdot h_2 \\&= 1,245 \times \frac{1}{2} \times 0,45 \\&= 0,28 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Jumlah momen pasif dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}\Sigma M_p &= M_{p1} + M_{p2} \\ &= 0,142 + 0,28 \\ &= 0,422 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Dalam perhitungan di atas didapatkan hasil tekanan tanah pasif sebesar 2,198 ton dan momen tekanan tanah pasif sebesar 0,422 tm.

3. Perhitungan Hidrostatik



Sumber : Hasil Analisis, 2021
Gambar V. 10 Diagram Pengaruh Air

Tekanan hidrostatik dapat diketahui dengan rumus:

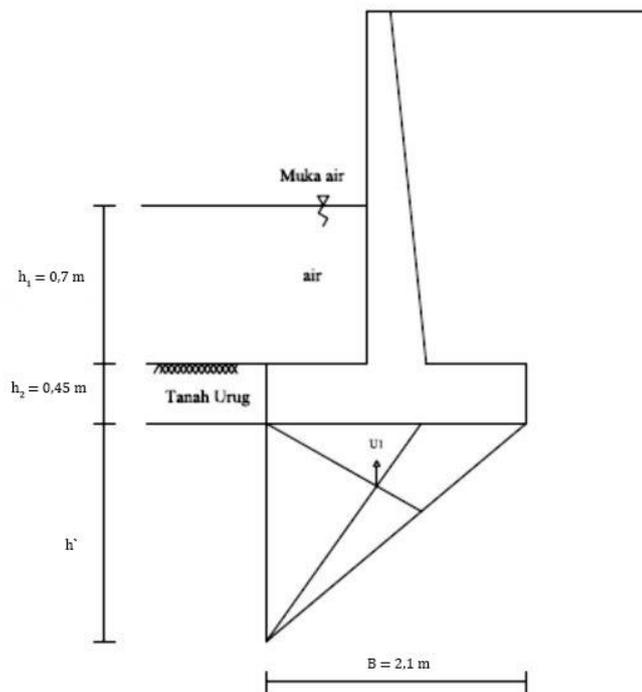
$$\begin{aligned}P_{air} &= \frac{1}{2} \cdot (h_1 + h_2)^2 \cdot \gamma_w \\ &= 0,5 \times (1,15)^2 \times 1 \\ &= 0,661 \text{ ton}\end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada tekanan hidrostatik adalah mengkalikan tekanan hidrostatik dengan titik tangkap gaya air, yaitu $h/3$ dari tinggi air.

$$\begin{aligned}M_{air} &= P_{air} \left(\frac{1}{3} \cdot (h_1 + h_2) \right) \\ &= 0,661 \left(\frac{1}{3} \times (1,15) \right) \\ &= 0,253 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan hasil gaya hidrostatik sebesar 0,661 ton dan momen tanah aktif sebesar 0,253 tm.

4. Perhitungan Gaya Angkat (*Uplift*)



Sumber : Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 11 Diagram Gaya Angkat

Gaya angkat dapat diketahui dengan rumus:

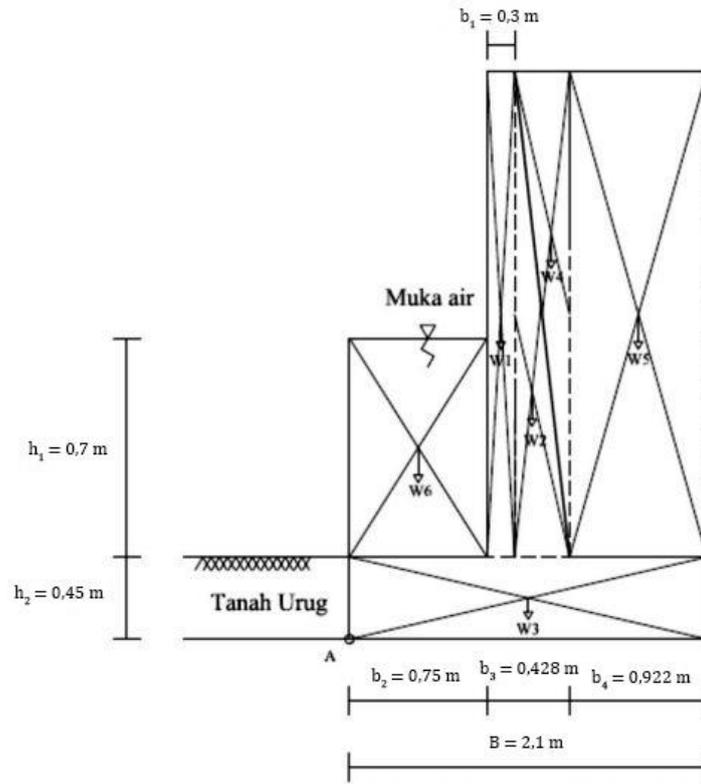
$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} \cdot B \cdot h' \cdot \gamma_w \\ &= 0,5 \times 2,1 \times 1,15 \times 1 \\ &= 1,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

Momen akibat gaya *uplift* dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} M_u &= U \cdot \text{Lengan momen} \\ &= 1,2 \times \left(\frac{1}{3} \times B\right) \\ &= 1,2 \times \left(\frac{1}{3} \times 2,1\right) \\ &= 0,84 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan hasil gaya angkat (*uplift*) sebesar 1,2 ton dan momen tanah aktif sebesar 0,84 tm.

5. Perhitungan Berat Sendiri Bangunan



Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 12 Diagram Berat Sendiri Bangunan

Berat sendiri bangunan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Beton } W_1 = b_1 \cdot h_3 \cdot \gamma_c$$

$$= 0,3 \times 2,55 \times 2,4$$

$$= 1,836 \text{ ton}$$

$$\text{Beton } W_2 = \frac{1}{2} \cdot (b_3 - b_1) \cdot h_3 \cdot \gamma_c$$

$$= 0,5 \times (0,428 - 0,3) \times 2,55 \times 2,4$$

$$= 0,391 \text{ ton}$$

$$\text{Beton } W_3 = h_2 \cdot B \cdot \gamma_c$$

$$= 0,45 \times 2,1 \times 2,4$$

$$= 2,268 \text{ ton}$$

$$\text{Tanah } W_4 = \frac{1}{2} (b_3 - b_1) \cdot h_3 \cdot \gamma$$

$$= 0,5 (0,428 - 0,3) \times 2,55 \times 1,45$$

$$= 0,236 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Tanah } W_5 &= b_4 \cdot h_3 \cdot \gamma \\ &= 0,922 \times 2,55 \times 1,45 \\ &= 3,409 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air } W_6 &= b_2 \cdot h_1 \cdot \gamma_w \\ &= 0,75 \times 0,7 \times 1 \\ &= 0,525 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jumlah beban berat sendiri bangunan dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned} \Sigma W &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 \\ &= 1,836 + 0,391 + 2,268 + 0,236 + 3,409 + 0,525 \\ &= 8,665 \text{ ton} \end{aligned}$$

Momen berat sendiri dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$M = W \cdot \text{Lengan momen terhadap titik A}$

$$\begin{aligned} M_1 &= W_1 \left(\left(\frac{1}{2} \cdot b_1 \right) + b_2 \right) \\ &= 1,836 \times (0,5 \times 0,3) + 0,75 \\ &= 1,205 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= W_2 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot (b_3 - b_1) \right) + b_1 + b_2 \right) \\ &= 0,391 \times \left(\frac{1}{3} \times (0,428 - 0,3) + 0,3 + 0,75 \right) \\ &= 0,427 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3 &= W_3 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot B \right) \\ &= 2,268 \times (0,5 \times 2,1) \\ &= 2,381 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_4 &= W_4 \cdot \left(\left(\frac{2}{3} \cdot (b_3 - b_1) \right) + b_1 + b_2 \right) \\ &= 0,236 \times \left(\frac{2}{3} \times (0,428 - 0,3) + 0,3 + 0,75 \right) \\ &= 0,268 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_5 &= W_5 \cdot \left(\left(\frac{1}{2} \cdot b_4 \right) + b_3 + b_2 \right) \\ &= 3,409 \times (0,5 \times 0,922) + 0,428 + 0,75 \\ &= 5,587 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_6 &= W_6 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot b_2 \right) \\ &= 0,525 (0,5 \times 0,75) \\ &= 0,197 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Jumlah momen berat sendiri dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}\Sigma M_w &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 \\ &= 1,205 + 0,427 + 2,381 + 0,268 + 5,587 + 0,197 \\ &= 10,065 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Berat sendiri bangunan yang dihitung berdasarkan titik gaya. Dari hasil perhitungan di atas didapatkan hasil jumlah gaya berat sendiri bangunan adalah $\Sigma W = 8,665$ ton dan jumlah momen berat sendiri bangunan adalah $\Sigma M = 10,065$ tm

6. Perhitungan Momen Akibat Gaya Gempa

$$Z = 0,6 - 0,9$$

$$ac = 90 \text{ cm/det}^2$$

$$v = 1,20$$

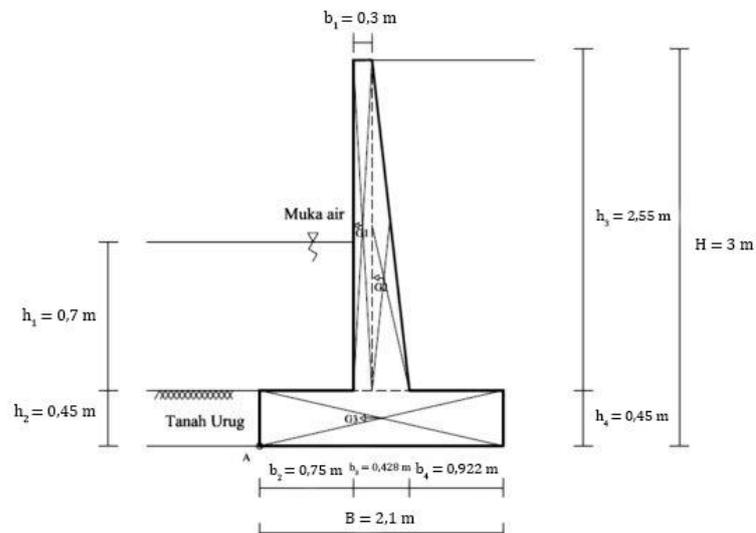
$$g = 981 \text{ cm/det}^2$$

Percepatan gempa diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}ad &= Z \times Ac \times v \\ &= 0,9 \times 90 \times 1,20 \\ &= 97,2\end{aligned}$$

Koefisien gempa dapat diketahui menggunakan rumus:

$$E = \frac{ad}{g} = \frac{97,2}{981} = 0,099$$



Sumber : Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 13 Diagram Gaya Gempa

Gaya gempa yang terjadi pada dinding penahan tanah dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}G_1 &= W_1 \cdot E \\ &= 1,836 \times 0,099 \\ &= 0,182 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_2 &= W_2 \cdot E \\ &= 0,391 \times 0,099 \\ &= 0,038 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_3 &= W_3 \cdot E \\ &= 2,268 \times 0,099 \\ &= 0,224 \text{ ton}\end{aligned}$$

Jumlah gaya gempa dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}\Sigma G &= G_1 + G_2 + G_3 \\ &= 0,182 + 0,038 + 0,224 \\ &= 0,444 \text{ ton}\end{aligned}$$

Momen akibat gempa dapat diketahui menggunakan rumus:

$MG = G \cdot \text{lempang momen terhadap dasar}$

$$\begin{aligned}MG_1 &= G_1 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot h_3\right) \\ &= 0,182 (0,5 \times 2,55) \\ &= 0,232 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MG_2 &= G_2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot h_3\right) \\ &= 0,038 \left(\frac{1}{3} \times 2,55\right) \\ &= 0,032 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MG_3 &= G_3 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot h_2\right) \\ &= 0,224 \times (0,5 \times 0,45) \\ &= 0,05 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Jumlah momen gempa dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}\Sigma MG &= MG_1 + MG_2 + MG_3 \\ &= 0,232 + 0,032 + 0,05 \\ &= 0,314 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan jumlah gaya akibat gempa adalah $\Sigma G = 0,444$ ton dan jumlah momen akibat gempa adalah $\Sigma M = 0,314$ tm.

7. Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah

a. Kondisi normal

1) Stabilitas terhadap geser dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 2 \\ &= \frac{c \cdot B + \Sigma W \cdot \tan \varphi}{-\Sigma P_a + \Sigma P_p + \Sigma P_{air}} \geq 2 \\ &= \frac{0,6 \times 2,1 + (8,665 - 1,2) \tan 14,93^\circ}{-1,574 + 0 + 0,661} \geq 2 \\ &= \frac{1,26 + 1,94}{-1,574 + 0 + 0,661} \geq 2 \\ &= \frac{3,2}{-0,913} \geq 2 \\ &= -3,504 \leq 2 \quad (\text{tidak aman}) \end{aligned}$$

2) Stabilitas terhadap guling dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \geq 2 \\ SF &= \frac{\Sigma M_w + \Sigma M_p + \Sigma M_{air}}{\Sigma M_u + \Sigma M_a} \geq 2 \\ &= \frac{10,065 + 0 + 0,253}{0,84 + 1,007} \geq 2 \\ &= 5,586 \geq 2 \quad (\text{aman}) \end{aligned}$$

3) Stabilitas terhadap kuat dukung tanah dihitung dengan rumus:

Data sekunder yang diketahui:

$$\begin{aligned} D_f &= 0,3 \text{ m} & \phi &= 14,93^\circ \\ B &= 2,1 \text{ m} & N_c &= 12,85 \\ \gamma &= 1,45 \text{ t/m}^3 & N_q &= 4,37 \\ \gamma' &= 1,77 \text{ t/m}^3 & N_y &= 2,48 \\ c &= 0,6 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}q_{ult} &= c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \\&= (0,6 \times 12,85) + (0,3 \times 1,45 \times 4,37) + (0,5 \times 2,1 \times 1,77 \times 2,48) \\&= 7,71 + 1,9 + 5,11 \\&= 14,72 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit neto dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}q_{un} &= q_u - D_f \cdot \gamma \\&= 14,72 - (0,3 \times 1,45) \\&= 14,285 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Tekanan pondasi neto dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}q_n &= q - D_f \cdot \gamma \\&= (8,665 - 1,2) - (0,3 \times 1,45) \\&= 7,465 - 0,435 \\&= 7,03 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Faktor aman dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}F &= \frac{q_{un}}{q_n} \\&= \frac{14,285}{7,03} \\&= 2,032\end{aligned}$$

Kapasitas dukung (tegangan ijin) dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}q_a &= \frac{q_u}{f} \\&= \frac{14,72}{2,032} \\&= 7,244 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Tinjauan terhadap titik A

Dicari letak resultan gaya-gaya yang bekerja terhadap pusat berat alas pondasi

$$x = \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(\Sigma M_w + \Sigma M_p + \Sigma M_{air}) - (\Sigma M_u + \Sigma M_a)}{\Sigma V} \\
&= \frac{10,318 - (0,84 + 1,007)}{8,665} \\
&= \frac{8,471}{8,665} \\
&= 0,977 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e &= 0,977 - \frac{2,1}{2} \\
&= -0,073 < \frac{b}{6} = 0,35
\end{aligned}$$

$e < \frac{b}{6}$, maka ada seluruh alas pondasi menerima desak

Tegangan vertikal desak maksimum dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
\sigma_{\max} &= \frac{V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right) \\
&= \frac{8,665}{2,1} \cdot \left(1 + \frac{6 \times (-0,073)}{2,1}\right) \\
&= 4,332 \times (0,791) \\
&= 1,693 \text{ t/m}^2 < 7,244 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{\min} &= \frac{V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B}\right) \\
&= \frac{8,665}{2,1} \cdot \left(1 - \frac{6 \times (-0,073)}{2,1}\right) \\
&= 4,332 \times 1,208 \\
&= 5,233 \text{ t/m}^2 > 0 \quad \text{OK!}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa dalam kondisi normal, dinding penahan tanah aman terhadap stabilitas guling dan keruntuhan daya dukung tanah. Tetapi dinding penahan tanah tidak aman terhadap stabilitas geser, karena nilai angka keamanan kurang dari 2 (faktor aman yang diisyaratkan) yaitu - 3,504. Bergesernya bangunan dipengaruhi oleh besarnya gaya vertikal yang berbanding dengan gaya horizontal. Untuk memenuhi nilai angka keamanan, maka dinding penahan tanah harus dilakukan perbesaran dimensi.

b. Kondisi gempa

1) Stabilitas terhadap geser dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 2 \\ &= \frac{c \cdot B + \Sigma W \cdot \tan \varphi}{-\Sigma P_a + \Sigma P_p + \Sigma P_{air} + (-\Sigma G)} \geq 2 \\ &= \frac{0,6 \times 2,1 + (8,665 - 1,2) \tan 14,93^\circ}{-1,574 + 0 + 0,661 + (-0,444)} \geq 2 \\ &= \frac{1,26 + 1,94}{-1,357} \geq 2 \\ &= \frac{3,2}{-1,357} \geq 2 \\ &= -2,358 \leq 2 \quad (\text{tidak aman}) \end{aligned}$$

2) Stabilitas terhadap guling dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} \geq 2 \\ &= \frac{\Sigma M_w + \Sigma M_p + \Sigma M_{air}}{\Sigma M_u + \Sigma M_a + \Sigma M_G} \geq 2 \\ &= \frac{10,065 + 0 + 0,253}{0,84 + 1,007 + 0,314} \geq 2 \\ &= \frac{10,318}{2,161} \geq 2 \\ &= 4,774 \geq 2 \quad (\text{aman}) \end{aligned}$$

3) Stabilitas terhadap kuat dukung tanah dapat diketahui menggunakan rumus:

Kapasitas dukung ultimit dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} q_{ult} &= c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \\ &= (0,6 \times 12,85) + (0,3 \times 1,45 \times 4,37) + (0,5 \times 2,1 \times 1,77 \times 2,48) \\ &= 7,71 + 1,9 + 5,11 \\ &= 14,72 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit neto dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} q_{un} &= q_u - D_f \cdot \gamma \\ &= 14,72 - (0,3 \times 1,45) \\ &= 14,285 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Tekanan pondasi neto dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}q_n &= q - D_f \cdot \gamma \\ &= (8,665 - 1,2) - (0,3 \times 1,45) \\ &= 7,465 - 0,435 \\ &= 7,03 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Faktor aman dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}F &= \frac{q_{un}}{q_n} \\ &= \frac{14,285}{7,03} \\ &= 2,032\end{aligned}$$

Kapasitas dukung (tegangan ijin) dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}q_a &= \frac{q_u}{f} \\ &= \frac{14,72}{2,032} \\ &= 7,244 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Tinjauan terhadap titik A

Dicari letak resultan gaya-gaya yang bekerja terhadap pusat berat alas pondasi

$$\begin{aligned}x &= \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \\ &= \frac{(\Sigma M_w + \Sigma M_p + \Sigma M_{air}) - (\Sigma M_u + \Sigma M_a + \Sigma M_G)}{\Sigma V} \\ &= \frac{10,318 - (0,84 + 1,007 + 0,314)}{8,665} \\ &= \frac{8,157}{8,665} \\ &= 0,941 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e &= 0,941 - \frac{2,1}{2} \\ &= -0,109 < \frac{b}{6} = 0,35\end{aligned}$$

$e < \frac{b}{6}$, maka ada seluruh alas pondasi menerima desak

Tegangan vertikal desak maksimum dihitung dengan rumus:

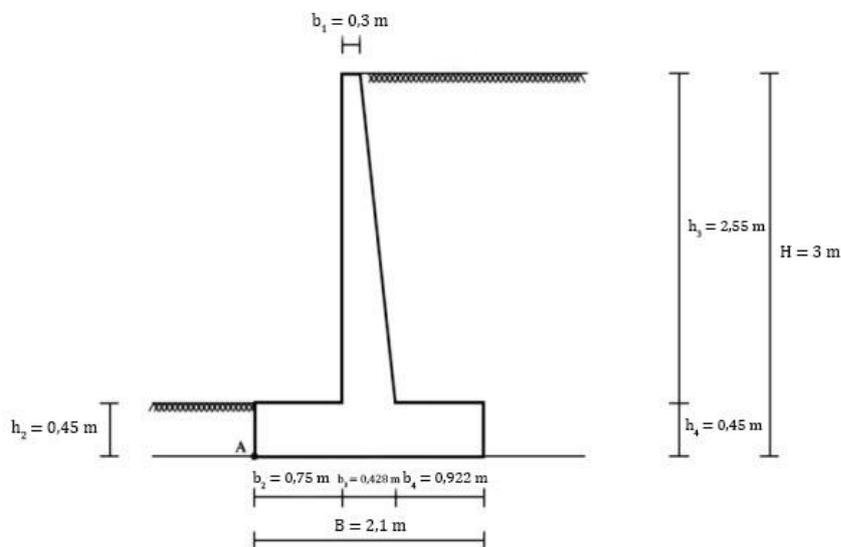
$$\sigma_{\max} = \frac{V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{8,665}{2,1} \cdot \left(1 + \frac{6 \times (-0,109)}{2,1}\right) \\
&= 4,332 \times (0,688) \\
&= 2,98 \text{ t/m}^2 < 7,244 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_{\min} &= \frac{V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B}\right) \\
&= \frac{8,665}{2,1} \cdot \left(1 - \frac{6 \times (-0,109)}{2,1}\right) \\
&= 4,332 \times 1,311 \\
&= 5,679 \text{ t/m}^2 > 0 \quad \text{OK!}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa dalam kondisi gempa, dinding penahan tanah aman terhadap stabilitas guling dan keruntuhan daya dukung tanah. Tetapi dinding penahan tanah tidak aman terhadap stabilitas geser, karena nilai angka keamanan kurang dari 2 (faktor aman yang diisyaratkan) yaitu - 2,358. Bergesernya bangunan dipengaruhi oleh besarnya gaya vertikal yang berbanding dengan gaya horizontal. Untuk memenuhi nilai angka keamanan, maka dinding penahan tanah harus dilakukan perubahan dimensi.

c. Kondisi Ekstrem



Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 14 Dinding Penahan Tanah dalam Kondisi Ekstrem

Berat sendiri bangunan dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Beton } W_1 &= b_1 \cdot h_3 \cdot \gamma_c \\ &= 0,3 \times 2,55 \times 2,4 \\ &= 1,836 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beton } W_2 &= \frac{1}{2} \cdot (b_3 - b_1) \cdot h_3 \cdot \gamma_c \\ &= 0,5 \times (0,428 - 0,3) \times 2,55 \times 2,4 \\ &= 0,391 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beton } W_3 &= h_2 \cdot B \cdot \gamma_c \\ &= 0,45 \times 2,1 \times 2,4 \\ &= 2,268 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tanah } W_4 &= \frac{1}{2} (b_3 - b_1) \cdot h_3 \cdot \gamma \\ &= 0,5 (0,428 - 0,3) \times 2,55 \times 1,45 \\ &= 0,236 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tanah } W_5 &= b_4 \cdot h_3 \cdot \gamma \\ &= 0,922 \times 2,55 \times 1,45 \\ &= 3,409 \text{ ton}\end{aligned}$$

Jumlah beban berat sendiri dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}\Sigma W &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 \\ &= 1,836 + 0,391 + 2,268 + 0,236 + 3,409 \\ &= 8,14 \text{ ton}\end{aligned}$$

Momen berat sendiri bangunan dapat diketahui dengan rumus:

$M = W \cdot \text{Lengan momen terhadap titik A}$

$$\begin{aligned}M_1 &= W_1 \left(\left(\frac{1}{2} \cdot b_1 \right) + b_2 \right) \\ &= 1,836 \times \left((0,5 \times 0,3) + 0,75 \right) \\ &= 1,652 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_2 &= W_2 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot (b_3 - b_1) \right) + b_1 + b_2 \right) \\ &= 0,391 \times \left(\left(\frac{1}{3} \times (0,428 - 0,3) \right) + 0,3 + 0,75 \right) \\ &= 0,427 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_3 &= W_3 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot B \right) \\ &= 2,268 \times (0,5 \times 2,1) \\ &= 2,381 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_4 &= W_4 \cdot \left(\left(\frac{2}{3} \cdot (b_3 - b_1) \right) + b_1 + b_2 \right) \\
&= 0,236 \times \left(\frac{2}{3} \times (0,428 - 0,3) + 0,3 + 0,75 \right) \\
&= 0,267 \text{ ton.m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_5 &= W_5 \cdot \left(\left(\frac{1}{2} \cdot b_4 \right) + b_3 + b_2 \right) \\
&= 3,409 \times (0,5 \times 0,922) + 0,428 + 0,75 \\
&= 5,587 \text{ ton.m}
\end{aligned}$$

Jumlah momen berat sendiri dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}
\Sigma M_w &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 \\
&= 1,652 + 0,427 + 2,381 + 0,267 + 5,587 \\
&= 10,314 \text{ ton.m}
\end{aligned}$$

Gaya *uplift* dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
U &= \frac{1}{2} \cdot B \cdot h' \cdot \gamma_w \\
&= 0,5 \times 2,1 \times 0,45 \times 1 \\
&= 0,472 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Momen akibat gaya *uplift* dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
M_u &= U \cdot \text{Lengan momen} \\
&= 0,472 \times \left(\frac{1}{3} \times B \right) \\
&= 0,427 \times \left(\frac{1}{3} \times 2,1 \right) \\
&= 0,33 \text{ ton.m}
\end{aligned}$$

1) Stabilitas terhadap geser dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
SF &= \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 2 \\
&= \frac{c \cdot B + \Sigma W \cdot \tan \varphi}{-\Sigma P_a + \Sigma P_p + (-\Sigma G)} \geq 2 \\
&= \frac{0,6 \times 2,1 + (8,14 - 0,472) \tan 14,93^\circ}{-1,574 + 2,198 + (-0,444)} \geq 2 \\
&= \frac{1,26 + 2,044}{0,18} \geq 2 \\
&= \frac{3,304}{0,18} \geq 2 \\
&= 18,356 \geq 2 \quad (\text{aman})
\end{aligned}$$

2) Stabilitas terhadap guling dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\Sigma Mt}{\Sigma Mg} \geq 2 \\
 &= \frac{\Sigma Mw + \Sigma Mp}{\Sigma Mu + \Sigma Ma + \Sigma MG} \geq 2 \\
 &= \frac{10,314 + 0,422}{0,84 + 1,007 + 0,314} \geq 2 \\
 &= \frac{10,736}{2,161} \geq 2 \\
 &= 4,968 \geq 2 \quad (\text{aman})
 \end{aligned}$$

3) Stabilitas terhadap kuat dukung tanah dihitung dengan rumus:

Data sekunder yang diketahui:

$$\begin{aligned}
 D_f &= 0,3 \text{ m} & \phi &= 14,93^\circ \\
 B &= 2,1 \text{ m} & N_c &= 12,85 \\
 \gamma &= 1,45 \text{ t/m}^3 & N_q &= 4,37 \\
 \gamma' &= 1,77 \text{ t/m}^3 & N_\gamma &= 2,48 \\
 c &= 0,6 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \\
 &= (0,6 \times 12,85) + (0,3 \times 1,45 \times 4,37) + (0,5 \times 2,1 \times 1,77 \times 2,48) \\
 &= 7,71 + 1,9 + 5,11 \\
 &= 14,72 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit neto dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 q_{un} &= q_{ult} - D_f \cdot \gamma \\
 &= 14,72 - (0,3 \times 1,45) \\
 &= 14,285 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan pondasi neto dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 q_n &= q - D_f \cdot \gamma \\
 &= (8,14 - 0,472) - (0,3 \times 1,45) \\
 &= 7,42 - 0,435 \\
 &= 6,985 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Faktor aman dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} F &= \frac{q_{un}}{q_n} \\ &= \frac{14,285}{6,985} \\ &= 2,045 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung (tegangan ijin) dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} q_a &= \frac{q_u}{f} \\ &= \frac{14,72}{2,045} \\ &= 7,198 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Tinjauan terhadap titik A

Dicari letak resultan gaya-gaya yang bekerja terhadap pusat berat alas pondasi

$$\begin{aligned} x &= \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \\ &= \frac{(\Sigma M_w + \Sigma M_p) - (\Sigma M_u + \Sigma M_a + \Sigma M_G)}{\Sigma V} \\ &= \frac{10,736 - 2,161}{8,665} \\ &= \frac{8,575}{8,665} \\ &= 0,475 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= 0,989 - \frac{2,1}{2} \\ &= -0,061 < \frac{b}{6} = 0,35 \end{aligned}$$

$e < \frac{b}{6}$, maka ada seluruh alas pondasi menerima desak

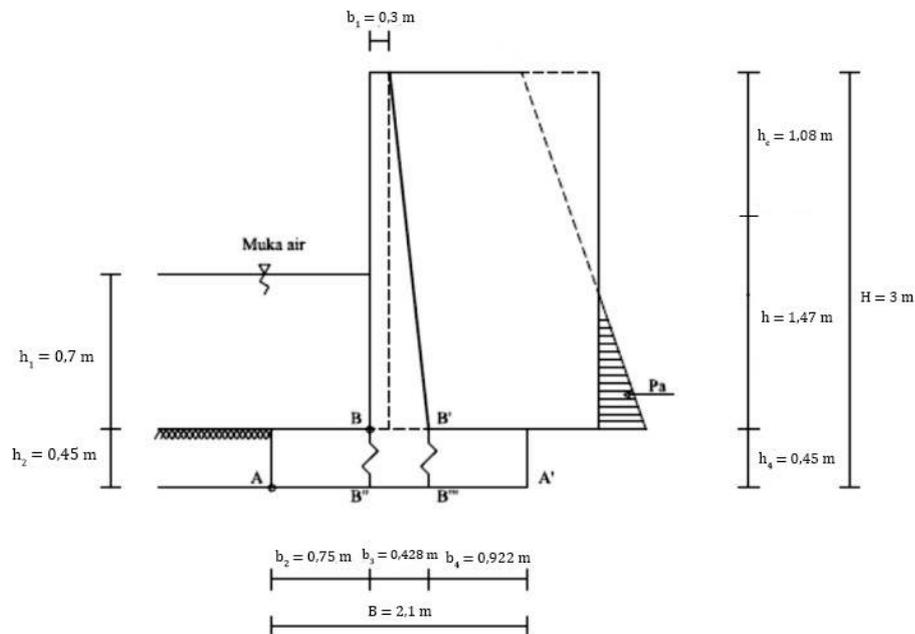
Tegangan vertikal desak maksimum dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right) \\ &= \frac{8,665}{2,1} \cdot \left(1 + \frac{6 \times (-0,061)}{2,1}\right) \\ &= 4,332 \times (0,825) \\ &= 3,574 \text{ t/m}^2 < 7,244 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\min} &= \frac{V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B}\right) \\ &= \frac{8,665}{2,1} \cdot \left(1 - \frac{6 \times (-0,061)}{2,1}\right) \\ &= 4,332 \times 1,174 \\ &= 5,506 \text{ t/m}^2 > 0 \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa dalam kondisi ekstrem, dinding penahan tanah aman terhadap stabilitas guling, geser dan keruntuhan daya dukung tanah.

8. Perhitungan Stabilitas Internal (Patah Tubuh Kontruksi) Ditinjau dari potongan B-B`



Sumber : Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 15 Stabilitas Internal (Patah Tubuh Kontruksi)

Nilai tekanan tanah aktif dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Alas diagram} &= H \cdot \gamma \cdot K_a - 2c \cdot \sqrt{K_a} \\ &= 2,55 \times 1,45 \times 0,59 \times 2 \times 0,6 \times \sqrt{0,59} \\ &= 2,01\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_c &= \frac{2 \cdot C}{\gamma \sqrt{K_a}} \\
 &= \frac{2 \cdot 0,6}{1,45 \sqrt{0,59}} \\
 &= 1,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= H - h_c \\
 &= 2,55 - 1,08 \\
 &= 1,47
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_a &= \frac{1}{2} \cdot \text{Alas Diagram} \cdot h \\
 &= 0,5 \times 2,01 \times 1,47 \\
 &= 1,477
 \end{aligned}$$

Momen tekanan tanah aktif dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 M_a &= P_a \cdot \frac{h}{3} \\
 &= 1,477 \times \frac{1,47}{3} \\
 &= 0,723 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Gaya berat sendiri bangunan dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 W_1 &= b_1 \cdot h_3 \cdot \gamma_c \\
 &= 0,3 \times 2,55 \times 2,4 \\
 &= 1,836 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_2 &= \frac{1}{2} \cdot (b_3 - b_1) \cdot h_3 \cdot \gamma_c \\
 &= 0,5 \times (0,428 - 0,3) \times 2,55 \times 2,4 \\
 &= 0,391 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Momen berat sendiri bangunan dapat diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 M_1 &= W_1 \left(\frac{1}{2} \cdot b_1 \right) \\
 &= 1,836 \left(\frac{1}{2} \cdot 0,3 \right) \\
 &= 0,275 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= W_2 \left(\frac{1}{3} \cdot (b_3 - b_1) + b_1 \right) \\
 &= 0,391 \left(\frac{1}{3} \cdot (0,428 - 0,3) + 0,3 \right) \\
 &= 0,134 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan eksentrisitas

$$\begin{aligned}x &= \frac{\Sigma M}{\Sigma V} \\&= \frac{\Sigma M - \Sigma Ma}{\Sigma V} \\&= \frac{0,409 - 0,723}{2,227} \\&= -0,141 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e &= x - \frac{b}{2} \\&= -0,141 - \frac{0,428}{2} \\&= -0,355 < \frac{b}{6} = 0,071\end{aligned}$$

$e < \frac{b}{6}$, maka ada seluruh tampang potongan B-B` menerima desak.

Perhitungan terhadap desak dapat ditentukan dengan rumus:

$$\sigma_{\text{desak}} = \left(\frac{V}{b \cdot 1} \right) + \left(\frac{M}{V} \right)$$

Perhitungan tahanan momen tampang potongan B-B`

$$\begin{aligned}W &= \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \\&= \frac{1}{6} \times 1 \times 0,428^2 \\&= 0,183 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{desak}} &= \left(\frac{2,227}{0,428 \cdot 1} \right) + \left(\frac{-0,314}{0,183} \right) \\&= 5,203 + (-1,716) \\&= 3,487 \text{ ton/m}^2 \text{ (tahanan beton bertulang)}\end{aligned}$$

Perhitungan terhadap geser dapat ditentukan dengan rumus:

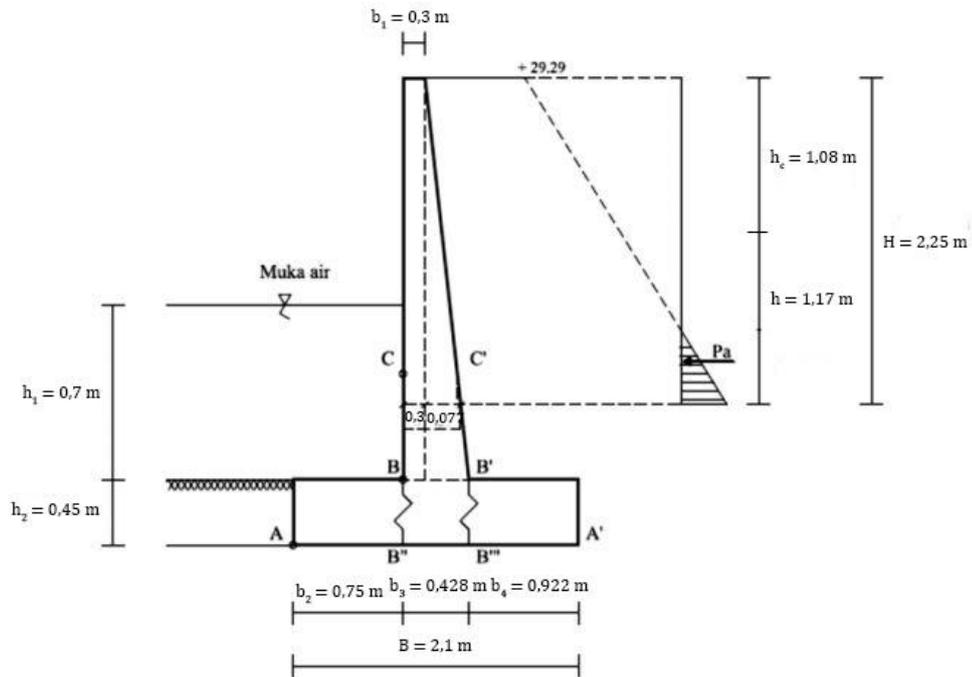
$$\begin{aligned}D &= P_a \\&= 1,477\end{aligned}$$

Tampang B-B` = $b \times h = 1 \times 0,428$

$$\begin{aligned}\tau &= \left(\frac{3}{2} \right) \cdot \left(\frac{D}{b \cdot h} \right) \\&= \left(\frac{3}{2} \right) \cdot \left(\frac{1,477}{1 \times 0,428} \right) \\&= 1,5 \times 3,451 \\&= 5,176 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

Ditinjau dari potongan C-C'

Tinjauan terhadap stabilitas patah tubuh konstruksi



Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 16 Tinjauan Terhadap Stabilitas Internal Potongan C-C'

Nilai tekanan tanah aktif dihitung dengan rumus:

$$\text{Alas diagram} = H \cdot \gamma \cdot K_a - 2c \cdot \sqrt{K_a}$$

$$= 1,53 \times 1,45 \times 0,59 \times 2 \times 0,6 \times \sqrt{0,59}$$

$$= 1,206$$

$$h_c = \frac{2 \cdot C}{\gamma \sqrt{K_a}}$$

$$= \frac{2 \cdot 0,6}{1,45 \sqrt{0,59}}$$

$$= 1,08 \text{ m}$$

$$h = H - h_c$$

$$= 2,25 - 1,08$$

$$= 1,17 \text{ m}$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \text{Alas Diagram} \cdot h$$

$$= 0,5 \times 1,206 \times 1,17$$

$$= 0,705 \text{ ton}$$

Momen tekanan tanah aktif dapat ditentukan dengan rumus:

$$M_a = P_a \cdot \frac{h}{3}$$

$$= 0,705 \cdot \frac{1,17}{3}$$

$$= 0,275 \text{ ton.m}$$

Gaya berat sendiri bangunan dapat ditentukan dengan rumus:

$$W_1 = b_1 \cdot H \cdot \gamma_c$$

$$= 0,3 \times 2,25 \times 2,4$$

$$= 1,62 \text{ ton}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} \cdot b' \cdot H \cdot \gamma_c$$

$$= 0,5 \times 0,077 \times 2,25 \times 2,4$$

$$= 0,208 \text{ ton}$$

Momen berat sendiri bangunan dapat ditentukan dengan rumus:

$$M_1 = W_1 \left(\frac{1}{2} \cdot b_1 \right)$$

$$= 1,62 \times 0,5 \times 0,3$$

$$= 0,243 \text{ ton.m}$$

$$M_2 = W_2 \left(\frac{1}{3} \cdot (b' + b_1) \right)$$

$$= 0,208 \left(\frac{1}{3} \times 0,077 + 0,3 \right)$$

$$= 0,067 \text{ ton.m}$$

Perhitungan eksentrisitas

$$x = \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$$

$$= \frac{\Sigma M - \Sigma M_a}{\Sigma V}$$

$$= \frac{0,31 - 0,275}{1,828}$$

$$= 0,019 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 e &= x - \frac{b}{2} \\
 &= 0,019 - \frac{0,377}{2} \\
 &= -0,169 < \frac{b}{6} = 0,063
 \end{aligned}$$

$e < \frac{b}{6}$, maka ada seluruh tampang potongan C-C` menerima desak.

Perhitungan terhadap desak dapat ditentukan dengan rumus:

$$\sigma_{\text{desak}} = \left(\frac{V}{b \cdot 1} \right) + \left(\frac{M}{I} \right)$$

Tahanan momen tampang potongan C-C`

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \\
 &= \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 0,377^2 \\
 &= 0,142 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{desak}} &= \left(\frac{1,828}{0,377 \cdot 1} \right) + \left(\frac{0,31}{0,142} \right) \\
 &= 4,849 + 2,183 \\
 &= 7,032 \text{ ton/m}^2 \text{ (ditahan beton bertulang)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan terhadap geser dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 D &= P_a \\
 &= 0,705
 \end{aligned}$$

Tampang C-C` = $b \times h = 1 \times 0,428$

$$\begin{aligned}
 \tau &= \left(\frac{3}{2} \right) \cdot \left(\frac{D}{b \cdot h} \right) \\
 &= \left(\frac{3}{2} \right) \cdot \left(\frac{0,705}{1 \times 0,377} \right) \\
 &= 1,5 \times 1,87 \\
 &= 2,805 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Tinjauan potongan vertical B-B'' dan B-B'''

Data diketahui :

$$\sigma_{\max} = 1,693 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_1 = 3,09 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 4,16 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = 5,233 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_c = 2,4 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_t = 1,45 \text{ t/m}^3$$

$$h_c = 0,45 \text{ m}$$

$$h_t = 2,55 \text{ m}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} h_1 &= \sigma_{\max} - h_c \cdot \gamma_c \\ &= 1,693 - 0,45 \times 2,4 \\ &= 0,613 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_2 &= \sigma_1 - h_c \cdot \gamma_c \\ &= 3,09 - 0,45 \times 2,4 \\ &= 2,01 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_3 &= \sigma_2 - h_c \cdot \gamma_c - h_t \cdot \gamma_t \\ &= 3,09 - 0,45 \times 2,4 - 2,55 \times 1,45 \\ &= -1,687 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_4 &= \sigma_{\min} - h_c \cdot \gamma_c - h_t \cdot \gamma_t \\ &= 5,233 - 0,45 \times 2,4 - 2,55 \times 1,45 \\ &= 0,483 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada tampang B-B'' dapat ditentukan dengan

rumus:

$$\begin{aligned} D &= \frac{1}{2} (h_1 + h_2) \cdot b_2 \\ &= 0,5 (0,613 + 2,01) \cdot 0,75 \\ &= 0,983 \text{ ton} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada tampang B-B" dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}M_1 &= \left(\frac{1}{2} \cdot b_2\right) \cdot (h_2 \cdot b_2) \\&= 0,5 \times 0,75 \times 2,01 \times 0,75 \\&= 0,565 \text{ ton.m} \\M_2 &= \left(\frac{1}{2} \cdot b_2\right) \cdot (0,5 \cdot (h_1 - h_2) \cdot b_2) \\&= 0,5 \times 0,75(0,5(0,613 - 2,01)0,75) \\&= -0,196 \text{ ton.m} \\\Sigma M &= M_1 + M_2 \\&= 0,565 + (-0,196) \\&= 0,369 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada tampang B-B" ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ekstrem}} &= \pm \frac{M}{W} \quad \text{dengan,} \\W &= \frac{1}{6} b \cdot h^2 \\&= \frac{1}{6} \times 1 \times 0,428^2 \\&= 0,03 \text{ m}^3 \\\sigma_{\text{ekstrem}} &= \pm \frac{0,369}{0,03} \\&= 12,3 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Perhitungan terhadap geser dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}\tau &= \left(\frac{3}{2}\right) \cdot \left(\frac{D}{b \cdot h}\right) \\&= \left(\frac{3}{2}\right) \cdot \left(\frac{0,983}{1 \times 0,428}\right) \\&= 3,445 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Gaya lintang yang terjadi pada tampang B-B" ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}D &= \frac{1}{2}(h_3 + h_4) \cdot b_4 \\&= 0,5 (-1,687 + 0,483) 0,922 \\&= -0,555 \text{ ton}\end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada tampang B-B''' ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}M_1 &= \left(\frac{1}{2} \cdot b_4\right) \cdot (h_3 \cdot b_4) \\&= 0,5 \times 0,922 \times (-1,687) \times 0,922 \\&= -0,717 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_2 &= \left(\frac{1}{2} \cdot b_4\right) \cdot (0,5 \cdot (h_4 - h_3) \cdot b_4) \\&= 0,5 \times 0,922 (0,5 (0,483 - (-1,687))) 0,922 \\&= 1 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M &= M_1 + M_2 \\&= -0,717 + 1 \\&= 0,283 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada tampang B-B'' ditentukan dengan rumus:

$$\sigma_{\text{ekstrem}} = \pm \frac{M}{W}$$

dengan,

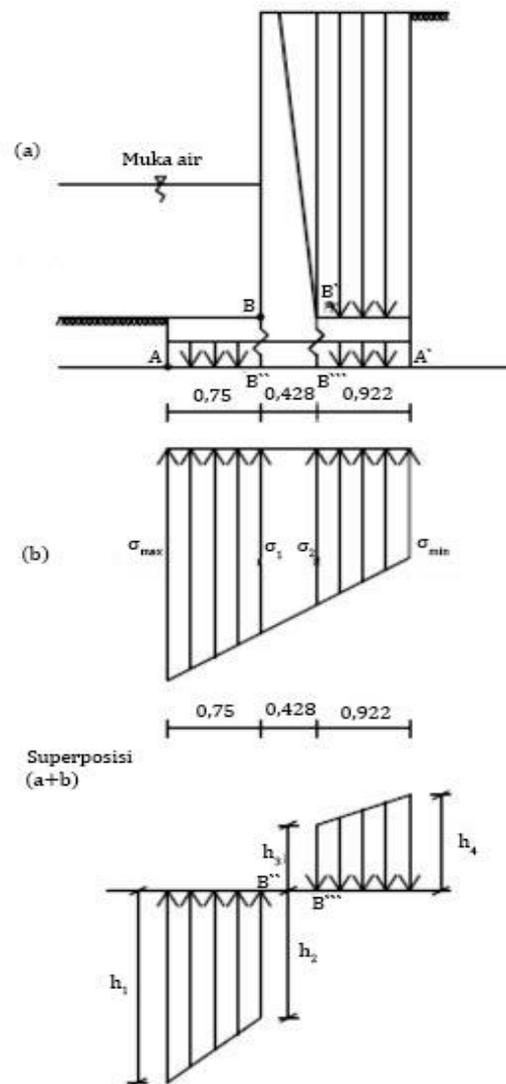
$$\begin{aligned}W &= \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \\&= \frac{1}{6} \times 1 \times 0,428^2 \\&= 0,03 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ekstrem}} &= \pm \frac{0,283}{0,03} \\&= 9,433 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Perhitungan terhadap geser dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}\tau &= \left(\frac{3}{2}\right) \cdot \left(\frac{D}{b \cdot h}\right) \\&= \left(\frac{3}{2}\right) \cdot \left(\frac{-0,555}{1 \times 0,428}\right) \\&= -1,945 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Akibat gaya-gaya yang bekerja, didapat gambar superposisi (gabungan) dapat dilihat pada gambar dibawah ini



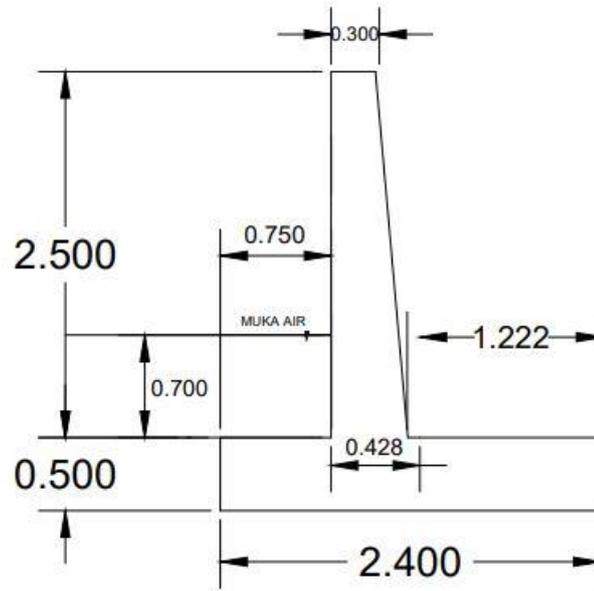
Sumber : Hasil Analisis, 2021

Gambar V. 17 Superposisi Akibat Gaya-gaya yang bekerja

V.3 Pemecahan Masalah

Dari hasil analisis perhitungan dinding penahan tanah daerah Meluwung tanah, didapatkan faktor keamanan stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser yang tidak aman pada kondisi normal dan gempa. Maka dari itu, sebagai solusinya penulis menyarankan perubahan dimensi dinding penahan tanah agar mendapat faktor keamanan terhadap geser dan guling lebih besar dari 2.

Dengan perbesaran dimensi dinding penahan tanah seperti gambar, didapati nilai faktor keamanan terhadap geser pada kondisi normal sebesar $SF = 2,216 \geq 2$ (aman) dan faktor keamanan terhadap geser pada kondisi gempa sebesar $SF = 3,136 \geq 2$ (aman).



Sumber : Analisis Pribadi 2021

Gambar V. 18 Perubahan dimensi dinding penahan tanah

Data yang diketahui:

$H = 3 \text{ m}$	$B = 2,1 \text{ m}$
$h_1 = 0,7 \text{ m}$	$b_1 = 0,3 \text{ m}$
$h_2 = 0,5 \text{ m}$	$b_2 = 0,75 \text{ m}$
$h_3 = 2,5 \text{ m}$	$b_3 = 0,428 \text{ m}$
$h_4 = 0,5 \text{ m}$	$b_4 = 1,222 \text{ m}$

Nilai tekanan tanah aktif ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 \text{Alas diagram} &= H \cdot \gamma \cdot K_a - 2c \cdot \sqrt{K_a} \\
 &= 3 \times 1,45 \times 0,59 - 2 \times 0,6 \sqrt{0,59} \\
 &= 2,56 - 0,92 \\
 &= 1,64
 \end{aligned}$$

Kedalaman retakan h_c (dari muka tanah):

$$\begin{aligned}
 h_c &= \frac{2 \cdot C}{\gamma \sqrt{K_a}} \\
 &= \frac{2 \cdot 0,6}{1,45 \sqrt{0,59}} \\
 &= 1,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= H - h_c \\
 &= 3 - 1,08 \\
 &= 1,92 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_a &= \frac{1}{2} \text{ alas diagram } \times h \\
 &= 0,5 \times 1,64 \times 1,92 \\
 &= 1,574 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Momen tekanan tanah aktif dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 M_a &= P_a \frac{h}{3} \\
 &= 1,574 \times \frac{1,92}{3} \\
 &= 1,007 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Nilai tekanan tanah pasif dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 P_{p1} &= \frac{1}{2} h_2^2 \cdot \gamma' \cdot K_p \\
 &= 0,5 \times 0,5^2 \times 1,77 \times 5,32 \\
 &= 1,177 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tekanan tanah pasif akibat kohesi (P_{p2}) dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 P_{p2} &= 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p} h_2 \\
 &= 2 \times 0,6 \times \sqrt{5,32} \times 0,5 \\
 &= 1,384 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jumlah tekanan tanah pasif dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}
 \Sigma P_p &= P_{p1} + P_{p2} \\
 &= 1,177 + 1,384 \\
 &= 2,561 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Momen untuk tekanan tanah pasif dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 M_{p1} &= P_{p1} \cdot \frac{1}{3} \cdot h_2 \\
 &= 1,177 \times \frac{1}{3} \times 0,5 \\
 &= 0,196 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{p2} &= P_{p2} \cdot \frac{1}{2} \cdot h_2 \\
 &= 1,384 \times \frac{1}{2} \times 0,5 \\
 &= 0,346 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Jumlah momen pasif dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_p &= M_{p1} + M_{p2} \\
 &= 0,196 + 0,346 \\
 &= 0,542 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Tekanan hidrostatik dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 P_{air} &= \frac{1}{2} \cdot (h_1 + h_2)^2 \cdot \gamma_w \\
 &= 0,5 \times (1,2)^2 \times 1 \\
 &= 0,72 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Momen gaya hidrostatik dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 M_{air} &= P_{air} \left(\frac{1}{3} \cdot (h_1 + h_2) \right) \\
 &= 0,72 \left(\frac{1}{3} \times (1,2) \right) \\
 &= 0,288 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan akibat gaya angkat dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{1}{2} \cdot B \cdot h' \cdot \gamma_w \\
 &= 0,5 \times 2,4 \times 1,2 \times 1 \\
 &= 1,44 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Momen akibat gaya *uplift* dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 M_u &= U \cdot \text{Lengan momen} \\
 &= 1,44 \times \left(\frac{1}{3} \times B \right) \\
 &= 1,44 \times \left(\frac{1}{3} \times 2,4 \right) \\
 &= 1,152 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Berat sendiri bangunan dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 \text{Beton } W_1 &= b_1 \cdot h_3 \cdot \gamma_c \\
 &= 0,3 \times 2,5 \times 2,4 \\
 &= 1,8 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton } W_2 &= \frac{1}{2} \cdot (b_3 - b_1) \cdot h_3 \cdot \gamma_c \\ &= 0,5 \times (0,428 - 0,3) \times 2,5 \times 2,4 \\ &= 0,384 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton } W_3 &= h_2 \cdot B \cdot \gamma_c \\ &= 0,5 \times 2,4 \times 2,4 \\ &= 2,88 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tanah } W_4 &= \frac{1}{2} (b_3 - b_1) \cdot h_3 \cdot \gamma \\ &= 0,5 (0,428 - 0,3) \times 2,5 \times 1,45 \\ &= 0,232 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tanah } W_5 &= b_4 \cdot h_3 \cdot \gamma \\ &= 1,222 \times 2,5 \times 1,45 \\ &= 4,429 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air } W_6 &= b_2 \cdot h_1 \cdot \gamma_w \\ &= 0,75 \times 0,7 \times 1 \\ &= 0,525 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jumlah beban berat sendiri bangunan dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned} \Sigma W &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 \\ &= 1,8 + 0,384 + 2,88 + 0,232 + 4,429 + 0,525 \\ &= 10,25 \text{ ton} \end{aligned}$$

Momen berat sendiri bangunan dapat ditentukan dengan rumus:

M = W.Lengan momen terhadap titik A

$$\begin{aligned} M_1 &= W_1 \left(\left(\frac{1}{2} \cdot b_1 \right) + b_2 \right) \\ &= 1,8 \times \left((0,5 \times 0,3) + 0,75 \right) \\ &= 1,62 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= W_2 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot (b_3 - b_1) \right) + b_1 + b_2 \right) \\ &= 0,384 \times \left(\frac{1}{3} \times (0,428 - 0,3) + 0,3 + 0,75 \right) \\ &= 0,419 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3 &= W_3 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot B \right) \\ &= 2,88 \times (0,5 \times 2,4) \\ &= 3,456 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_4 &= W_4 \cdot \left(\left(\frac{2}{3} \cdot (b_3 - b_1) \right) + b_1 + b_2 \right) \\
&= 0,232 \times \left(\frac{2}{3} \times (0,428 - 0,3) + 0,3 + 0,75 \right) \\
&= 0,263 \text{ ton.m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_5 &= W_5 \cdot \left(\left(\frac{1}{2} \cdot b_4 \right) + b_3 + b_2 \right) \\
&= 4,429 \times (0,5 \times 1,122) + 0,428 + 0,75 \\
&= 7,923 \text{ ton.m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_6 &= W_6 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot b_2 \right) \\
&= 0,525 (0,5 \times 0,75) \\
&= 0,197 \text{ ton.m}
\end{aligned}$$

Jumlah momen berat sendiri bangunan dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}
\Sigma M_w &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 \\
&= 1,62 + 0,419 + 3,456 + 0,263 + 7,923 + 0,197 \\
&= 13,878 \text{ ton.m}
\end{aligned}$$

Gaya gempa yang terjadi pada dinding penahan tanah dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
G_1 &= W_1 \cdot E \\
&= 1,8 \times 0,099 \\
&= 0,178 \text{ ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
G_2 &= W_2 \cdot E \\
&= 0,384 \times 0,099 \\
&= 0,038 \text{ ton}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
G_3 &= W_3 \cdot E \\
&= 2,88 \times 0,099 \\
&= 0,285 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Jumlah gaya gempa dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}
\Sigma G &= G_1 + G_2 + G_3 \\
&= 0,178 + 0,038 + 0,285 \\
&= 0,501 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Momen akibat gempa pada struktur dapat ditentukan dengan rumus:

$MG = G \cdot \text{lengan momen terhadap dasar}$

$$\begin{aligned}MG_1 &= G_1 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot h_3\right) \\ &= 0,178 (0,5 \times 2,5) \\ &= 0,222 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MG_2 &= G_2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot h_3\right) \\ &= 0,038 \left(\frac{1}{3} \times 2,5\right) \\ &= 0,031 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MG_3 &= G_3 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot h_2\right) \\ &= 0,285 \times (0,5 \times 0,5) \\ &= 0,071 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Jumlah momen gempa dapat ditentukan oleh:

$$\begin{aligned}\Sigma MG &= MG_1 + MG_2 + MG_3 \\ &= 0,222 + 0,031 + 0,071 \\ &= 0,324 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Sstabilitas terhadap geser pada kondisi normal dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned}SF &= \frac{\Sigma R_h}{\Sigma Ph} \geq 2 \\ &= \frac{c \cdot B + \Sigma W \cdot \tan \varphi}{-\Sigma Pa + \Sigma Pp + \Sigma Pair} \geq 2 \\ &= \frac{0,6 \times 2,4 + (10,25 - 1,44) \tan 14,93^\circ}{-1,574 + 2,561 + 0,72} \geq 2 \\ &= \frac{1,44 + 2,343}{1,707} \geq 2 \\ &= \frac{3,783}{1,707} \geq 2 \\ &= 2,216 \geq 2 \quad (\text{aman})\end{aligned}$$

Stabilitas terhadap geser pada kondisi gempa dapat ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 2 \\ &= \frac{c \cdot B + \Sigma W \cdot \tan \varphi}{-\Sigma P_a + \Sigma P_p + \Sigma P_{air} + (-\Sigma G)} \geq 2 \\ &= \frac{0,6 \times 2,4 + (10,95 - 1,44) \tan 14,93^\circ}{-1,574 + 2,561 + 0,72 + (-0,501)} \geq 2 \\ &= \frac{1,44 + 2,343}{1,206} \geq 2 \\ &= \frac{3,783}{1,206} \geq 2 \\ &= 3,136 \leq 2 \quad (\text{aman}) \end{aligned}$$

BAB VI

PENUTUP

VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pemecahan masalah yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa kondisi eksisting dinding penahan tanah lintas Banjar – Kroya, terdapat komponen yang belum tersedia dan belum memenuhi persyaratan yang tertera pada Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) S.14 tentang Dinding Penahan Tanah dengan Beton Bertulang, yaitu pipa drainase dan dilatasi. Terdapat juga beton yang mengalami kerusakan ringan seperti keropos dan beton yang mengalami kerusakan berat. Sementara untuk stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser dalam kondisi normal maupun gempa belum memenuhi angka keamanan yaitu 2.
2. Upaya peningkatan dinding penahan tanah lintas Banjar – Kroya sesuai Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017 dan ditinjau dari tingkat keamanan. Pada dinding penahan tanah yang tidak sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017 harus dilakukan pergantian komponen yang sesuai dengan Spektek Tahun 2017. Untuk beton yang mengalami krusakan ringan seperti keropos dapat diperbaiki dengan metode *Grouting*, untuk beton yang mengalami kerusakan berat seperti gompal harus dilakukan perbesaran dimensi pada bagian kaki dinding penahan tanah yang ditinggikan menjadi 0,5 meter dan ditambahkan panjangnya menjadi 1,222 meter sehingga nilai dari faktor keamanan stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser kondisi normal dan kondisi gempa lebih dari 2 yaitu 2,216 dan 3,136

VI.2 Saran

Berdasarkan Kesimpulan diatas, saran-saran yang dapat membantu untuk peningkatan dinding penahan tanah lintas Banjar – Kroya sebagai berikut:

1. Membenahi komponen dinding penahan tanah yang belum tersedia dan belum sesuai dengan Standar Spesifikasi Teknis Prasarana Perkeretaapian (Jalur dan Bangunan) Tahun 2017 agar dinding penahan tanah tidak mengalami keruntuhan. Membenahi beton yang mengalami keropos agar tidak mengurangi kekuatan struktur bangunan. Membenahi dinding penahan tanah yang stabilitasnya tidak aman terhadap geser.
2. Perlu dilakukan pengembangan dinding penahan tanah berdasarkan tingkat keamanan dan kekuatan. Dinding penahan tanah yang menggunakan pipa berdiameter 1 inch harus diganti dengan pipa berdiameter 2 inch. Dinding penahan tanah yang tidak ada pipa harus dipasang pipa berdiameter 2 inch. Dinding penahan tanah yang keropos harus ditambah dengan metode *Grouting*. Pada dinding penahan tanah yang stabilitasnya bergeser harus dilakukan perbesaran dimensi untuk meningkatkan keamanan dinding penahan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. (2007). *Undang-Undang Republik Indonesia No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian*.
- _____. (2011). *Peraturan Menteri Perhubungan No. 30 Tahun 2011 tentang Tata-tata Cara Pengujian dan Pemberian Sertifikat Prasarana Perkeretaapian*.
- _____. (2012). *Peraturan Menteri Perhubungan No PM 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Parameter Bangunan KP-06*. Kementerian Pekerjaan Umum Jakarta.
- Direktorat Prasarana Perkeretaapian. (2017). *Standar Spesifikasi Teknis Konstruksi Jalan Rel, Sipil, Jembatan dan Bangunan Kereta Api*.
- SNI 03-2847-2002. (2002) *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- ANGGORO, H. (2016). *KEMAMPUAN LAHAN DI SUB-DAERAH ALIRAN SUNGAI LOGAWA KABUPATEN BANYUMAS*. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO.
- Candra, D. (2011). *PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT UMUMPROPINSI KEPULAUAN RIAU*. UAJY.
- dkk., W. (2019). *ANALISIS PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH DAN PONDASI MINIPILE NET JALAN KERETA API DI STASIUN UJUNGNEGORO KM 73+675 – 73+750*.
- Hariati, H. (2020). *Studi Komparatif Kerusakan Beton pada Struktur Kolom yang Keropos dengan Metode Grouting*. Universitas Internasional Batam.
- Lubis, M. (2003). *Pengujian Struktur Beton dengan Metode Hammer Test dan Metode Uji Pembebanan (Load Test)*. USU Digitized, USU Digital Laboratory.
- Muda, A. (2016). *Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Laboratorium*. Jurnal INTEKNA: Informasi Teknik dan Niaga, 16(1), pp.1-6.
- Muhidin, A. a. (t.thn.). *Penerapan Data Mining Untuk Klasifikasi Kualitas Pipa Pvc Menggunakan Metode Algoritma C4. 5 Studi Kasus Pt Cipta Aneka Agung*. Jurnal SIGMA, 9(4), pp.20-33.: 2019.
- Puspita, F. A. (2018). *Analisis Retak Lentur Pada Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Yang Diperbaiki Dengan Injeksi Epoxy*. Jurnal Teknik Sipil, 1(4), pp.831-844.
- Supit, D. (2019). *ANALISIS PERHITUNGAN KESTABILAN DINDING PENAHAN TANAH STUDI KASUS PROYEK INTERCHANGE MANADO*. . Jurnal Ilmiah Realtech, 15(2), pp.114-120.
- Tanjung, A. a. (2016). *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Penyanggah Pada Tebing Sungai Lematang Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan*. POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA.

LAMPIRAN

NO	HASIL TEMUAN		STANDAR/SPEKIFIKASI TEKNIS	HASIL TINDAK LANJUT		KETERANGAN
	URAIAN	FOTO		FOTO HASIL TINDAK LANJUT		
39.	Perapihan besi sisa pengecoran Km.354+750					OPEN
40.	Retak/ crack menerus pada Km.356+525					OPEN
41.	Perapihan besi tululangan sisa pengecoran Km.377+100					OPEN
42.	Perbaikan dan perapihan dilatasi pada Km.316+800					OPEN

d 1/1/20
Halaman 39 dari 42

R. Umar

NO	HASIL TEMUAN		STANDAR/SPEKIFIKASI TEKNIS	HASIL TINDAK LANJUT	KETERANGAN
	URAIAN	FOTO		FOTO HASIL TINDAK LANJUT	
43.	Dinding pada RW pecah/gompal BH.1442 A				OPEN
44.	Pipa sulingan tertutup tanah pada Km.319+100		Standar/ spesifikasi : Pada sisi dalam dinding beton bertulang saluran pembuangan air dibungkus dengan potongan geotextile/ ijuk untuk menghindari masuknya tanah/pasir kedalam pipa yg mengakibatkan penyumbatan.		OPEN
45.	Perbaikan dan perapiha RW retak/ gompal pada Km.319+700				OPEN
46.	Perapihan pipa sulingan pada Km.319+920				OPEN

f 11 f mac
J 2
D R

NO	HASIL TEMUAN		STANDAR/SPEKIFIKASI TEKNIS	HASIL TINDAK LANJUT	
	URAIAN	FOTO		FOTO HASIL TINDAK LANJUT	KETERANGAN
47.	Perapihan besi tulangan sisa pengecoran pada Km.320+250				OPEN
48.	Tidak terdapat pipa sulingan 2" Km.329+670/900				OPEN
49.	Tidak terdapat saluran pembuangan utama pada U-Ditch Emp.St.Gandungmangun				OPEN

*f 11/11 mac
H ST
PR*