

**PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH
JEMBATAN GANTUNG UNTUK PEJALAN KAKI
BENTANG 60 METER
(STUDI KASUS : JEMBATAN GANTUNG JATIRUNGGO,
KEC.PRINGAPUS, KAB.SEMARANG)**



TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS**

Disusun Oleh :

ACHMAD HERIYANTO NIM.21210009

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
UNGARAN
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN GANTUNG UNTUK PEJALAN KAKI BENTANG 60 METER (STUDI KASUS : JEMBATAN GANTUNG JATIRUNGGO, KEC.PRINGAPUS, KAB.SEMARANG)

Disusun oleh :

ACHMAD HERIYANTO NIM. 21210009

Tugas Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Diperiksa dan Disetujui

Pembimbing I



Ir. Totok Apriyanto, M.T.
NIDN. 0630049501

Pembimbing II



Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T
NIDN. 0604089203

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH
JEMBATAN GANTUNG UNTUK PEJALAN KAKI
BENTANG 60 METER
(STUDI KASUS : JEMBATAN GANTUNG JATIRUNGGO,
KEC.PRINGAPUS, KAB.SEMARANG)**

Disusun oleh :

ACHMAD HERIYANTO NIM. 21210009

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :

27 September 2025

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, MT.

()

Anggota 1 : Khoirudin Fakhri, S.T., MT.

()

Anggota 2 : Ratih Pujiastuti, S.T., MT

()

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS



Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T
NIDN. 0604089203

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, tugas akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik sarjana, baik di lingkungan Undaris maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian penulis sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim dosen pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya – karya atau pendapat orang yang telah ditulis dan dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang atau dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Ungaran, 27 September 2025
Yang membuat pernyataan,



Achmad Heriyanto
NIM 21210009

ABSTRAK

Jembatan gantung adalah sistem struktur jembatan yang menggunakan *wirerope* (kabel) sebagai pemikul utama beban lalu lintas dan Berat Sendiri. Lokasi Penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Jatirunggo Kabupaten Semarang dengan fokus pada perencanaan ulang (redesain) bangunan bawah jembatan.

Penelitian ini membahas redesain jembatan gantung yang dilakukan untuk evaluasi serta perencanaan ulang dengan memperhatikan aspek keamanan, kenyamanan, dan efisiensi konstruksi. Metode yang digunakan meliputi survei lapangan, pengumpulan data geometri dan material, analisis pembebanan sesuai SNI 1726:2019, serta perhitungan struktur dengan bantuan Software excel.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa desain ulang jembatan gantung dengan bentang utama 60 meter serta sistem rangka baja berkabel utama mampu menahan kombinasi beban mati, hidup, angin, dan gempa dengan faktor keamanan yang memenuhi standar. Redesain ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas jembatan hingga 150% dibandingkan kondisi awal, sekaligus memperpanjang umur layan struktur.

Kata kunci: jembatan gantung, redesain, pembebanan, SNI, struktur.

ABSTRACT

A suspension bridge is a bridge structural system that uses wire rope (cables) to primarily support traffic loads and self-weight. This research location is the Jatirunggo Suspension Bridge Construction Project in Semarang Regency, with a focus on the redesign of the bridge's substructure.

This research discusses the redesign of a suspension bridge, conducted for evaluation and redesign, taking into account safety, comfort, and construction efficiency. The methods used include field surveys, geometric and material data collection, load analysis in accordance with SNI 1726:2019, and structural calculations using Excel software.

The design results indicate that the redesigned suspension bridge, with a 60-meter main span and a main cable-stayed steel truss system, is capable of withstanding a combination of dead, live, wind, and earthquake loads with a safety factor that meets standards. This redesign is expected to increase the bridge's capacity by up to 150% compared to its initial condition, while extending the structure's service life.

Keywords: suspension bridge, redesign, loading, SNI, structure.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan penyertaan-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta menyusun laporan Tugas Akhir dengan judul “ Perencanaan Bangunan Bawah Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki Bentang 60 meter (Studi Kasus : Jembatan Gantung Jatirunggo, Kecamatan Pringapus, KAbupaten Semarang). Dimana Tugas Akhir ini disusun untuk menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Ulum *Islamic Centre* Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak proses yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan, Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam – dalamnya kepada :

1. Ir. Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T. selaku ketua program studi jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing II
2. Ir. Totok Apriyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Penguji,
3. Khoirudin Fakhri, ST., M.T. selaku Dosen Penguji II,
4. Ratih Pujiastuti, ST., M.T. selaku Dosen Penguji III,
5. Teman – teman seperjuangan yang banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi penulis dan pihak yang membaca.

Ungaran, 27 September 2025
Penulis,



Achmad Heriyanto
NIM. 21210009

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud Dan Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Lokasi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Jembatan Gantung.....	5
2.2 Pembebanan Struktur Jembatan	6
2.3 Parameter Perencanaan Bangunan Bawah Jembatan	6
2.4 Perencanaan Bangunan Bawah dan Fondasi Jembatan.....	8
2.5 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI	25
3.1 Metodologi Penelitian	25
3.2 Diagram Alir Penelitian	26
3.3 Prosedur Penelitian.....	27

BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN.....	30
4.1 Identifikasi Beban – Beban Kerja pada Struktur Bawah dan Pemilihan Bentang.....	30
4.2 Deskripsi Hasil Pengujian Tanah	35
4.3 <i>Preliminary Desain</i>	42
4.4 Desain Bangunan Bawah	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	88
5.1 Kesimpulan	88
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian	3
Gambar 2. 1 Struktur Jembatan Gantung	5
Gambar 2. 2 Tekanan lateral aktif pada Pylon	17
Gambar 2. 3 Tekanan lateral aktif pada blok angkur	17
Gambar 2. 4 Diagram Tekanan Tanah Pasif pada Pylon.....	19
Gambar 2. 5 Diagram Tekanan Tanah Pasif pada Blok Angkur.....	19
Gambar 2. 6 Diagram stabilitas terhadap guling pada pylon	9
Gambar 2. 7 Diagram stabilitas terhadap guling pada blok angkur	9
Gambar 2. 8 Diagram stabilitas terhadap geser pada pylon	10
Gambar 2. 9 Diagram stabilitas terhadap geser pada blok angkur	10
Gambar 2. 10 Diagram daya dukung tanah pada pylon	11
Gambar 2. 11 diagram daya dukung tanah pada blok angkur	12
Gambar 3. 1 Jembatan Gantung Jatirunggo Kabupaten Semarang	25
Gambar 3. 2 Pylon dan Blok Angkur	25
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 4. 1 Potongan Memanjang Jembatan Gantung	30
Gambar 4. 2 Blok Angkur Tampak Atas.....	43
Gambar 4. 3 Potongan A-A (Blok Angkur)	44
Gambar 4. 4 Potongan B-B (Blok Angkur).....	44
Gambar 4. 5 Kaki Pylon Tampak Atas	45
Gambar 4. 6 Potongan B-B (Kaki Pylon)	46
Gambar 4. 7 Potongan A-A (Kaki Pylon)	46
Gambar 4. 8 Potongan A-A (Dimensi Blok Angkur A).....	48
Gambar 4. 9 Potongan B-B (Dimensi Blok Angkur A).....	48
Gambar 4. 10 Potongan A-A (Dimensi Blok Angkur B).....	55
Gambar 4. 11 Potongan B-B (Dimensi Blok Angkur B)	55
Gambar 4. 12 Dimensi Kaki Pylon A	62
Gambar 4. 13 Dimensi Kaki Pylon B.....	70
Gambar 4. 14 Tampak Memanjang (Detail Penulangan Blok Angkur A dan B).....	80
Gambar 4. 15 Tampak Melintang (Detail Penulangan Blok Angkur A dan B)	80
Gambar 4. 16 Tampak Atas (Detail Penulangan Blok Angkur A dan B)	81
Gambar 4. 17 Pilar Tampak Atas	81
Gambar 4. 18 Potongan 2-2.....	82
Gambar 4. 19 Pilar Tampak Memanjang	82
Gambar 4. 20 Pilar Tampak Melintang.....	83
Gambar 4. 21 Cross Grider Tampak memanjang.....	83
Gambar 4. 22 Detail 1	84
Gambar 4. 23 Detail 2	84
Gambar 4. 24 Potongan A - A.....	84
Gambar 4. 25 Potongan B - B.....	85
Gambar 4. 26 Denah Blok Angkur A dan B	85
Gambar 4. 27 Potongan A - A	86
Gambar 4. 28 Potongan B - B	86
Gambar 4. 29 Denah Kaki Pylon A dan B	87

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Reaksi Gaya pada Blok Angkur dan Kaki Pylon (SLS).....	31
Tabel 4. 2 Reaksi Gaya pada Blok Angkur dan Kaki Pylon (ULS).....	32
Tabel 4. 3 Klasifikasi Tanah Pasir	34
Tabel 4. 4 Data Numerik Spektrum Respon Desain	34
Tabel 4. 5 Hasil Sondir Titik 1	37
Tabel 4. 6 Grafik Sondir Titik 1	38
Tabel 4. 7 Hasil Sondir Titik 2	39
Tabel 4. 8 Grafik Hasil Sondir Titik 2	40
Tabel 4. 9 Grafik hubungan qc dan Fr menurut Robertson dan Campanella	41



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid-Simetris TA.2021	90
Lampiran 2 Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid-Simetris TA.2021	94



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan gantung adalah sistem struktur jembatan yang menggunakan *wirerope* (kabel) sebagai pemikul utama beban lalu lintas dan Berat Sendiri. Pada sistem ini *wirerope* utama memikul beberapa *hanger* (penggantung) yang menghubungkan antara *wirerope* utama dengan gelagar/ struktur jembatan. *Wirerope* utama dihubungkan pada kedua *pylon* (menara) dan memanjang di sepanjang jembatan yang berakhir pada pengankeran pada kedua ujung jembatan untuk menahan pergerakan *vertikal* dan *horizontal* akibat beban-beban yang bekerja. Pada *pylon* tersebut dipasang *saddle* (dudukan) beserta *roller* yang berfungsi sebagai pengarah *wirerope* utama tersebut (Ditjen Bina Marga, 2021).

Di Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang, Jembatan Gantung Jatirunggo memiliki peran penting sebagai infrastruktur penghubung antar wilayah. Jembatan ini menjadi akses utama bagi masyarakat sekitar dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, seperti bekerja, bersekolah, serta kegiatan ekonomi lainnya. Dengan bentang sepanjang 60 meter, jembatan ini harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, daya tahan, serta kestabilan struktur bangunan bawahnya.

Bangunan bawah jembatan gantung berfungsi untuk menopang dan mendistribusikan beban yang bekerja pada struktur atas ke tanah dasar. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan yang matang dalam memilih jenis fondasi dan material yang sesuai dengan kondisi tanah setempat. Perencanaan yang baik akan memastikan bahwa jembatan dapat bertahan dalam jangka panjang serta mampu menahan beban dinamis yang diakibatkan oleh pergerakan pejalan kaki dan perubahan lingkungan.

Dalam penelitian ini, dilakukan studi perencanaan bangunan bawah Jembatan Gantung Jatirunggo dengan mempertimbangkan berbagai faktor teknis seperti analisis tanah, pemilihan jenis fondasi, serta desain struktur bawah yang mampu mendukung kestabilan jembatan. Hasil dari perencanaan ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang dapat diaplikasikan dalam pembangunan dan pemeliharaan jembatan serupa di wilayah lain.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perancangan struktur jembatan, desain blok angkur dan kaki *pylon* memiliki peran penting dalam menyalurkan beban dari kabel atau struktur atas ke fondasi. Kesalahan dalam desain dapat menyebabkan ketidak seimbangan gaya distribusi, penurunan daya dukung, atau bahkan kegagalan struktur. Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam terkait desain blok angkur dan kaki *pylon* agar memenuhi standar keamanan, efisiensi, dan ketahanan terhadap beban yang bekerja. Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana Desain Blok Angkur Jembatan Gantung untuk Pejalan kaki Bentang 60 m di Desa Jatirunggo, Kec.Pringapus, Kab.Semarang ?
2. Bagaimana Desain Kaki Pylon Jembatan Gantung untuk Pejalan kaki Bentang 60 m di Desa Jatirunggo, Kec.Pringapus, Kab.Semarang ?

1.3 Maksud Dan Tujuan Penelitian

Maksud dan Tujuan penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Untuk mengetahui Desain yang efektif dan stabil pada Blok Angkur Jembatan Gantung untuk Pejalan kaki Bentang 60 m di Desa Jatirunggo, Kec.Pringapus, Kab.Semarang.
2. Untuk mengetahui Desain yang efektif dan stabil pada Kaki *Pylon* Jembatan Gantung untuk Pejalan kaki Bentang 60 m di Desa Jatirunggo, Kec.Pringapus, Kab.Semarang.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini berfokus pada redesain bangunan bawah jembatan gantung, yang mencakup fondasi, blok angkur, dan pylon. Redesain dilakukan dengan mengacu kriteria desain dan pedoman, serta standar yang berlaku.

Selain aspek teknis, Desain yang dihasilkan diharapkan mampu memberikan solusi yang lebih optimal dalam pembangunan jembatan gantung, khususnya pada bagian bangunan bawah yang berperan penting dalam menopang keseluruhan struktur.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini secara khusus mengkaji desain bangunan bawah, dengan fokus pada elemen-elemen seperti blok angkur dan kaki *pylon* jembatan gantung dengan bentang 60 meter.
2. Beban hidup, beban mati, dan beban lingkungan dalam penelitian ini diambil berdasarkan Kriteria Desain Jembatan Gantung No. BM 0502-Bd/67 Tahun 2022.
3. Penurunan izin, toleransi defleksi lateral, H kritis, dan aspek teknis lainnya mengacu pada Kriteria Desain No. BM 0502-Bd/67 Tahun 2022.
4. Perencanaan dalam penelitian ini tidak mencakup perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB), sehingga tanpa mempertimbangkan estimasi biaya konstruksi.
5. Reaksi yang ditimbulkan akibat pembebanan dan berat sendiri struktur atas diperoleh dari Kriteria Desain Jembatan Gantung Tahun 2022.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Dusun Jatirunggo Krajan RT.03 RW.01, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah, dengan koordinat $7^{\circ}11'58.4''\text{S}$ $110^{\circ}28'38.7''\text{E}$.



Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir mengenai Jembatan Gantung Jatirunggo, Kabupaten Semarang terdiri atas 5 BAB, garis besar tentang sistematika tentang penulisan masing - masing BAB sebagai berikut :

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, Rumusan Masalah, Maksud dan Tujuan Penelitian, Ruang Lingkup Penelitian, Batasan Masalah, Lokasi Penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir.

- **BAB II STUDI PUSTAKA**

Bab ini berisi kajian literatur serta hasil studi yang relevan tentang dasar teori, rumus dan segala sesuatu yang digunakan dalam pembahasan dan penyelesaian Tugas Akhir. Dalam hal ini, data-data yang digunakan berasal dari buku literatur, tulisan ilmiah, *website/search engine* dan hasil penelitian terdahulu.

- **BAB III METODOLOGI**

Bab ini berisikan tentang metode-metode yang akan digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini, termasuk pengumpulan data, langkah penelitian dan analisis data.

- **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi analisis perhitungan kapasitas dengan mengolah data-data kriteria desain jembatan gantung, hasil penyelidikan tanah yang telah diperoleh serta membuat desain jembatan gantung.

- **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi tentang Merupakan bab penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran mengenai hasil penelitian yang dikumpulkan pada Tugas Akhir serta dapat dijadikan masukan untuk selanjutnya.

BAB II

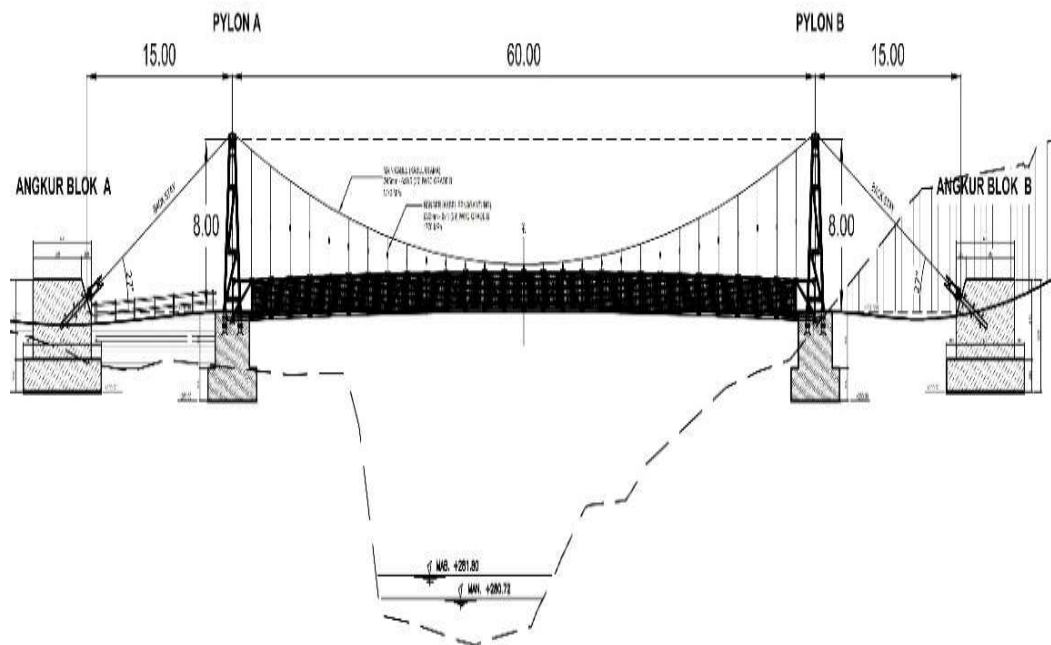
STUDI PUSTAKA

2.1 Jembatan Gantung

Jembatan gantung merupakan salah satu tipe jembatan yang menggunakan *wirerope* (kabel baja) sebagai elemen utama penyangga, yang digantungkan pada dua titik penyangga di masing-masing ujung jembatan. Titik-titik penyangga tersebut umumnya berupa menara atau tiang-tiang tinggi yang terletak di kedua sisi sungai, lembah, atau jurang.

2.1.1 Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid – Simetris

Pembahasan mengenai gaya-gaya yang bekerja akibat pembebanan pada struktur atas jembatan gantung dalam tulisan ini mengacu pada pedoman teknis yang dikeluarkan oleh Direktorat Pembangunan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga. Hal Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid – Simetris TA.2022.



Gambar 2. 1 Struktur Jemabatan Gantung

2.1.2 Geometrik dan Material

1. Geometrik

Ruang bebas vertikal dan horisonal di bawah jembatan mengikuti standar/ketentuan perencanaan terhadap karakteristik /pola lalu lintas.

2. Material

- Mutu Beton bangunan bawah (kaki pylon dan blok angkur dan fondasi $f_c'20$ Mpa ,
- Mutu Baja tulangan menggunakan BJTP 24 untuk $< D13$ dan BJTD 32 atau BJTD 39 untuk $> D13$, dengan variasi diameter tulangan diabtasi paling banyak 3 ukuran.

2.2 Pembebanan Struktur Jembatan

Pembebanan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur jembatan mengacu pada Kriteria Desain Jembatan Gantung No. BM 0502-Bd/67 Tahun 2022 yaitu Pembebanan Jembatan Gantung Pejalan Kaki menggunakan beban hidup sebesar $3 \text{ kPa} < 2,0 + (120/L+10) < 5 \text{ kPa}$, dimana L adalah panjang bentang jembatan gantung yang terkait.

2.3 Parameter Perencanaan Bangunan Bawah Jembatan

Parameter yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan bawah adalah kondisi topografi, kondisi sungai, dan kondisi tanah.

2.3.1 Kondisi Topografi

Kondisi topografi sangat berpengaruh dalam perencanaan bangunan bawah jembatan karena menentukan stabilitas dan metode konstruksi yang akan digunakan. Kemiringan lahan menjadi faktor utama yang harus diperhatikan, terutama jika berada di daerah berbukit atau curam yang berisiko longsor. Pada area dengan tanah yang kurang stabil, seperti tanah lempung atau gambut, diperlukan penguatan tambahan atau penggunaan pondasi dalam seperti tiang pancang untuk meningkatkan daya dukung tanah. Selain itu, keberadaan badan air seperti sungai atau rawa juga menjadi pertimbangan penting, karena arus udara, erosi, dan potensi banjir dapat mempengaruhi desain serta material yang digunakan.

Tinggi muka air tanah juga perlu diperhitungkan, terutama jika berada pada tingkat yang tinggi, karena dapat menyulitkan proses konstruksi dan membutuhkan

sistem dewatering untuk mengurangi kelebihan air. Risiko longsor dan erosi di lokasi jembatan harus dianalisis dengan baik untuk memastikan keamanan struktur, terutama dengan mempertimbangkan penggunaan dinding penahan tanah atau sistem perkuatan lereng. Selain faktor teknis, aksesibilitas lokasi dan kondisi lingkungan sekitar juga menjadi pertimbangan, terutama jika pembangunan berada di dekat pemukiman atau kawasan konservasi.

2.3.2 Kondisi Sungai

Kondisi sungai sangat penting dalam perencanaan bangunan bawah jembatan karena berpengaruh terhadap kestabilan fondasi serta daya tahan struktur terhadap faktor hidrologi dan geoteknik. Dari segi hidrologi, debit sungai harus diperhitungkan, baik dalam kondisi maksimum, minimum, maupun rata-rata, untuk memahami variasi aliran air yang dapat mempengaruhi desain fondasi. Kecepatan arus juga menjadi faktor penting karena arus yang kuat dapat menyebabkan erosi di sekitar pilar jembatan. Selain itu, perlu diperhitungkan tingkat banjir pada periode ulang tertentu (misalnya 25, 50, atau 100 tahun) untuk mengantisipasi kemungkinan jembatan terkena dampak luapan air. Fluktuasi muka air sepanjang tahun juga harus diperhitungkan agar fondasi tetap stabil dalam berbagai kondisi.

Selain aspek hidrologi, morfologi sungai juga berperan dalam menentukan desain bangunan bawah jembatan. Lebar dan kedalaman sungai harus diperhitungkan untuk menentukan panjang bentang jembatan dan kebutuhan struktur pendukung. Jenis aliran, apakah laminar atau turbulen, mempengaruhi gaya yang bekerja pada pilar jembatan. Faktor penting lainnya adalah erosi dan sedimentasi, di mana penggerusan dapat terjadi di sekitar fondasi arus sungai, sedangkan sedimentasi yang berlebihan dapat mengubah karakteristik aliran sungai dan menggagalkan Konstruksi.

Aspek lingkungan dan ekologi sungai juga perlu diperhatikan dalam perencanaan jembatan. Keanekaragaman hayati di sekitar sungai harus dijaga agar pembangunan tidak mengganggu ekosistem. Selain itu, pemanfaatan sungai oleh masyarakat, seperti untuk irigasi, perikanan, atau transportasi, perlu

dipertimbangkan agar pembangunan jembatan tidak mengganggu aktivitas mereka. Dampak lingkungan dari pembangunan juga harus diminimalisir, misalnya dengan menghindari polusi

Terakhir, penting untuk menganalisis data historis dan memprediksi perubahan sungai di masa depan. Sungai yang sering berubah alur dapat menyebabkan pergeseran fondasi jembatan sehingga memerlukan perlindungan tambahan. Selain itu, dampak perubahan iklim yang dapat meningkatkan curah hujan ekstrem juga harus diperhitungkan dalam perencanaan agar jembatan tetap aman dan fungsional dalam jangka panjang.

2.3.3 Kondisi Tanah

Kondisi tanah merupakan faktor krusial dalam perencanaan bangunan bawah jembatan karena berpengaruh langsung terhadap stabilitas, daya dukung, dan umur layanan struktur. Tanah di lokasi pembangunan harus dijelaskan secara menyeluruh untuk menentukan jenis fondasi yang paling sesuai, apakah menggunakan fondasi dangkal seperti fondasi atau fondasi dalam seperti tiang pancang dan borepile. Parameter utama yang perlu diperhatikan dalam tanah meliputi analisis daya dukung tanah, kepadatan, permeabilitas, tingkat kejenuhan udara, serta potensi perubahan sifat mekanis aki.

Berbagai metode uji geoteknik diterapkan untuk mendapatkan data yang akurat, seperti uji sondir (Cone Penetration Test/CPT) untuk mengetahui daya dukung dan kepadatan tanah, uji bor (Borehole Test) untuk mengidentifikasi lapisan tanah, serta uji geser langsung atau triaksial untuk mengetahui parameter kuat geser tanah. Selain itu, kondisi tanah yang memiliki potensi penurunan (penyelesaian), likuifaksi akibat gempa, atau erosi karena aliran air harus dipertimbangkan dalam desain struktur fondasi.

2.4 Perencanaan Bangunan Bawah dan Fondasi Jembatan

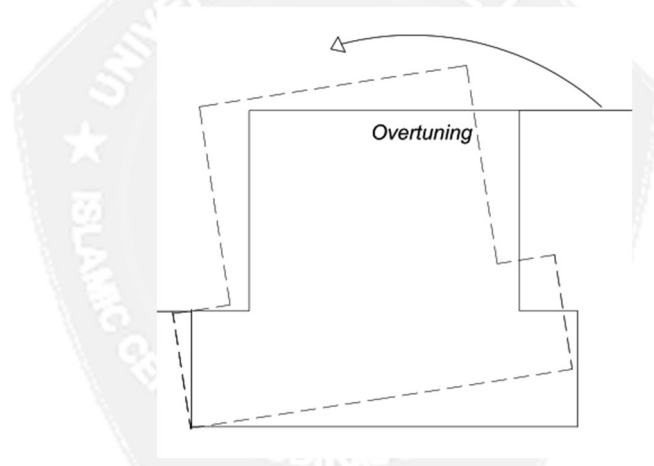
Fondasi merupakan elemen penting dalam konstruksi jembatan gantung karena menopang beban dari menara (tower), kabel utama, dan lantai jembatan. Fondasi harus dirancang untuk menahan gaya vertikal dari beban mati dan hidup, serta gaya horizontal

akibat angin, gempa, dan tekanan lateral tanah.

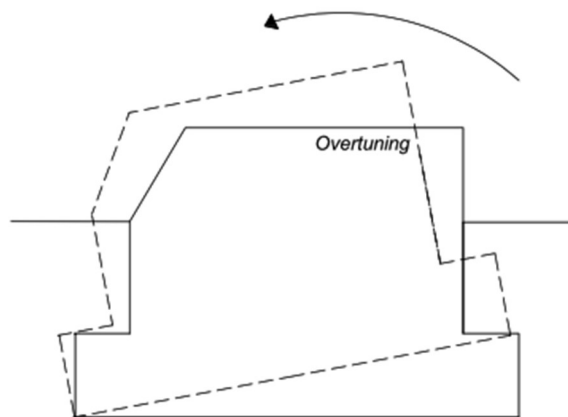
2.4.1 Stabilitas Bangunan Bawah

Stabilitas bangunan bawah adalah kemampuan bagian bawah struktur (terutama pondasi dan tanah dasar) untuk menahan beban dari bangunan di atasnya tanpa mengalami kegagalan struktur seperti amblas, geser, atau miring. Stabilitas ini sangat krusial karena menjadi dasar dari seluruh kestabilan bangunan.

a) Stabilitas terhadap gaya guling



Gambar 2. 2 Diagram stabilitas terhadap guling pada *pylon*



Gambar 2. 3 Diagram stabilitas terhadap guling pada blok ankur

Stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah timbunan dibelakang *pylon* dan blok ankur. Sebagai contoh keadaan guling yang kemungkinan terjadi dapat dilihat pada gambar 2.6 dan 2.7 diatas. Nilai kestabilan

terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan berikut ini :

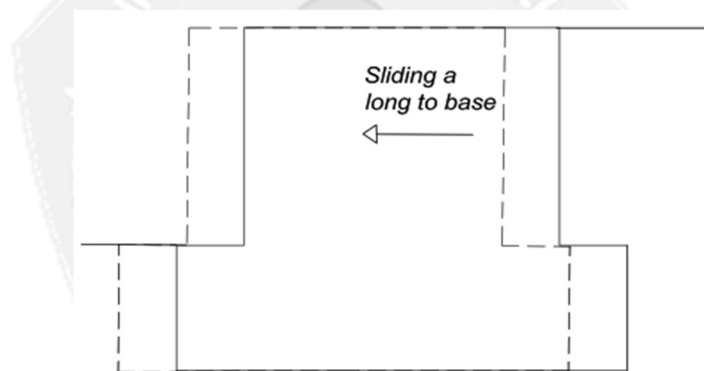
$$Fs = \frac{\sum Mw}{\sum Mguling} \quad (2.20)$$

dengan,

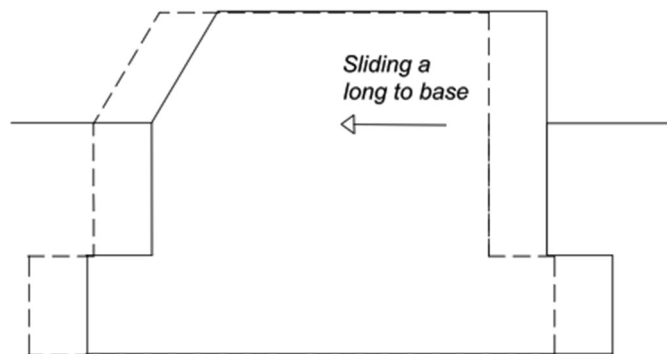
$\sum Mw$ = jumlah momen melawan guling (k.Nm),

$\sum Mguling$ = jumlah momen yang menahan guling (k.Nm).

b) Stabilitas terhadap gaya geser



Gambar 2. 4 Diagram stabilitas terhadap geser pada *pylon*



Gambar 2. 5 Diagram stabilitas terhadap geser pada blok angkur

Stabilitas terhadap gaya geser yaitu perbandingan gaya – gaya yang menahan dan mendorong *pylon* dan blok angkur. Untuk contoh keadaan geser kemungkinan terjadi dapat dilihat pada gambar 2.8 dan 2.9 di atas.

Nilai kestabilan struktur terhadap kemungkinan bergeser dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_{gs} = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \quad (2.21)$$

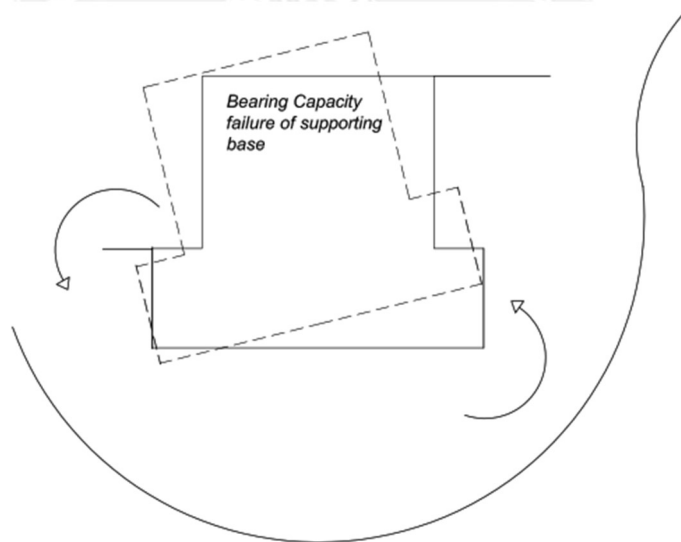
dengan,

$\sum Rh$ = tahanan pylon dan blok angkur terhadap geser,

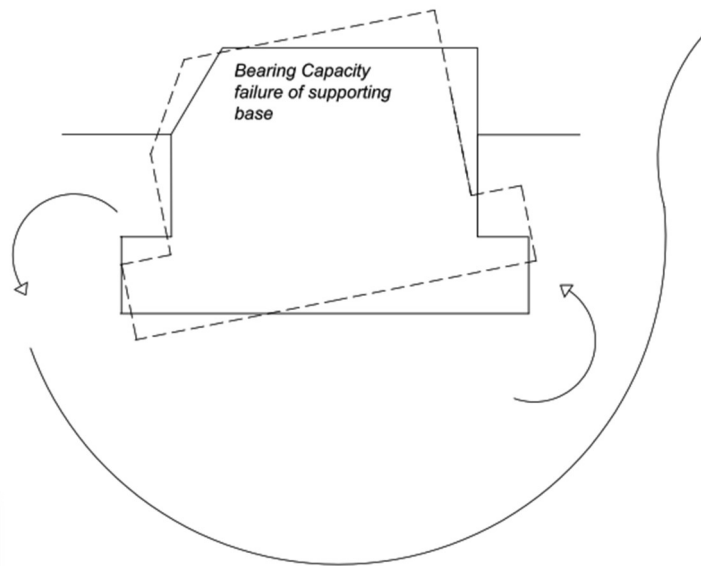
$\sum Ph$ = jumlah gaya – gaya horizontal.

2.4.2 Daya Dukung Tanah

(Hardiyatmo, 2002) bila tanah mengalami pembebanan seperti beban fondasi, tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Jika beban ini berangsur – angsur ditambah, penurunan pun juga bertambah. Akhirnya pada suatu saat terjadi kondisi dimana pada beban tetap, fondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan kapasitas dukung telah terjadi. Untuk contoh keadaan keruntuhan daya dukung tanah yang kemungkinan terjadi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 6 Diagram daya dukung tanah pada *pylon*



Gambar 2. 7 diagram daya dukung tanah pada blok angkur

Nilai kapasitas dukung *ultimate* dihitung dengan menggunakan persamaan (Bowles, 1997) dibawah ini :

Untuk lebar $B < 1.20$ m,

$$q_a = 20. q_c. K_d \quad (2.22)$$

Untuk lebar $B > 1.20$ m,

$$q_a = 12,5. q_c. \left(\frac{B+0,30}{B} \right). K_d \quad (2.23)$$

dengan,

q_a = kapasitas dukung ijin (kN/m^2),

B = lebar fondasi (m),

D = kedalaman fondasi (m),

$K_d = (1+0,33.B.D)$ = faktor kedalam fondasi, dengan nilai maksimum $K_d = 1,33$.

Tekanan struktur pada tanah dasar fondasi dapat dihitung menggunakan persamaan Meyerhof (1943) berikut ini:

a. Tegangan vertikal desak maksimum, dihitung dengan rumus:

$$q = \frac{V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \quad (2.24)$$

b. Tegangan vertikal desak minimum, dihitung dengan rumus:

$$q = \frac{V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \quad (2.25)$$

dengan:

q = tekanan tanah ultimit (kN/m^2),

V = beban – beban arah vertikal (kN),

B = lebar fondasi (m),

E = eksentrisitas

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan Gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Jika seluruh permukaan tanah di bawah dan di sekitar bangunan turun secara seragam dan penurunan tidak berlebihan, maka turunnya bangunan tidak akan Nampak oleh pandangan mata dan penurunan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan bangunan. Namun bila penurunan berlebihan dan tak seragam, dapat mengganggu kestabilan bangunan.

a) Penurunan (*Settlement*)

Penurunan (*settlement*) fondasi yang terletak pada tanah berbutir halus yang jenuh dapat dibagi menjadi 3 komponen yaitu: penurunan segera (*immediate settlement*), penurunan konsolidasi primer, dan penurunan konsolidasi sekunder. Penurunan total adalah jumlah dari ketiga komponen tersebut, atau bila dinyatakan dalam persamaan adalah(Hardiyatmo, 1996):

$$S = Si + Sc + Ss \quad (2.5)$$

dengan,

S = Penurunan Total

Si = Penurunan Segera

Sc = Penurunan Konsolidasi Primer

Ss = Penurunan Konsolidasi Sekunder

1. Penurunan Segera (*Immediate Settlement*)

Penurunaan segera atau disebut juga penurunan elastis adalah penurunan yang dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan, dan terjadi pada volume konstan.

Besarnya penurunan elastis ini tergantung dari besarnya modulus elastisitas kekakuan tanah dan beban timbunan diatas tanah.(Bowles, 1997),

memberikan persamaan yang nilai penurunannya dianggap mendekati kenyataan :

Untuk $B < 1,2 \text{ m}$,

$$Si = \frac{2,5.qn}{N} \quad (2.6)$$

Untuk $B > 1,2 \text{ m}$,

$$Si = \frac{4.qn}{N} \left(\frac{B}{B+1} \right)^2 \quad (2.7)$$

dengan,

B = Lebar Fondasi (ft)

qn = Tekanan Fondasi Netto (k/ft^2)

Si = Penurunan Segera (inci)

2. Penurunan Konsolidasi Primer

(Braja M.Das, 1995) Penurunan konsolidasi terjadi dari waktu ke waktu di tanah lempung jenuh peningkatan beban yang disebabkan oleh konstruksi fondasi. Penambahan beban di atas suatu lapisan tanah jenuh air menyebabkan tekanan air pori meningkat dan mengakibatkan air berusaha mengalir keluar dari pori – pori tanah sehingga volumenya akan berkurang. Penurunan tanah tersebut sebagai penurunan konsolidasi atau penurunan primer.

Perhitungan untuk mencari nilai penurunan konsolidasi primer dapat dihitung menggunakan persamaan, sebagai berikut:

Untuk lempung terkonsolidasi normal,

$$Sc(P) = \frac{Cc.Hc}{1+e0} \text{Log} \frac{\sigma'0 + \Delta\sigma' av}{\sigma'0} \quad (2.8)$$

Untuk lempung terkonsolidasi normal dengan,

$$\sigma'0 + \Delta\sigma' av < \sigma'c$$

$$Sc(P) = \frac{Cs.Hc}{1+e0} \text{Log} \frac{\sigma'0 + \Delta\sigma' av}{\sigma'0} \quad (2.9)$$

Untuk lempung terkonsolidasi normal dengan,

$$\sigma'c < \sigma'0 + \Delta\sigma' av$$

$$Sc(P) = \frac{Cs.Hc}{1+e0} \text{Log} \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{Cc.Hc}{1+e0} \text{Log} \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'_{av}}{\sigma'_0} \quad (2.10)$$

$$\Delta\sigma'_{av} = \frac{1}{6} (\Delta\sigma'_t + \Delta\sigma'_m + \Delta\sigma'_b)$$

dengan,

σ'_0 = tekanan efektif rata – rata pada lapisan tanah lempung sebelum pembangunan fondasi,

$\Delta\sigma'_{av}$ = kenaikan rata -rata tekanan efektif pada lapisan lempung yang disebabkan oleh konstruksi fondasi,

σ'_0 = tekanan prakonsolidasi,

$e0$ = angka pori lapisan lempung awal,

Cc = angka indeks kompresi,

Cs = angka indeks *swelling*,

Hc = ketebalan tanah lempung,

$Sc (P)$ = penurunan konsolidasi primer.

3. Penurunan Konsolidasi Sekunder

Penurunan Konsolidasi Sekunder terjadi pada tegangan efektif konstan, yaitu setelah penurunan konsolidasi primer berhenti. Besar penurunannya merupakan fungsi waktu (t) dan kemiringan kurva penempatan sekunder $C\alpha$ dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$C\alpha = \frac{\Delta e}{\text{Log} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)} \quad (2.11)$$

Rasio pemampatan sekunder, $C\alpha\varepsilon$ dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$C\alpha\varepsilon = \frac{C\alpha}{1+ep} \quad (2.12)$$

Penurunan konsolidasi sekunder dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Ss = \frac{C\alpha}{1+ep} H \text{Log} \left(\frac{t_2}{t_1} \right) \quad (2.13)$$

dengan,

Ss = penurunan konsolidasi sekunder,

H = tebal benda uji awal atau tebal lapisan tanah lempung,

ep = angka pori saat akhir konsolidasi primer,

$$t_2 = t_1 + \Delta t,$$

t_2 = waktu setelah konsolidasi primer berhenti.

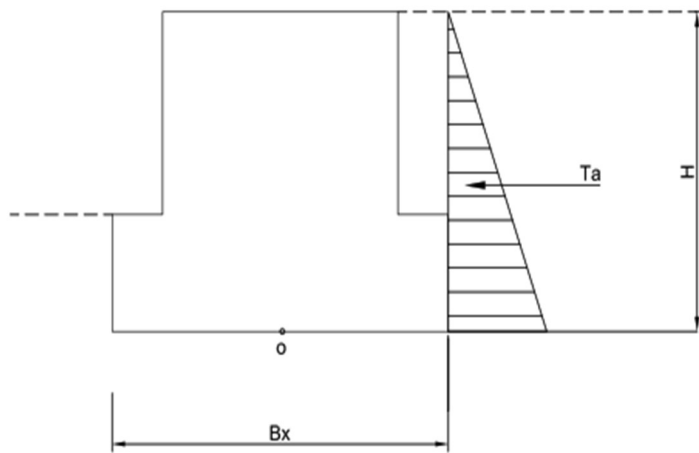
a. Tekanan tanah lateral

(Hardiyatmo, 2002) Tekanan lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh sifat tanah dan beban di atas tanah. Tekanan lateral aktif adalah tekanan dengan arah mendorong dinding untuk bergeser maupun mengalami guling. Sedangkan tekanan lateral pasif adalah tekanan yang menahan.

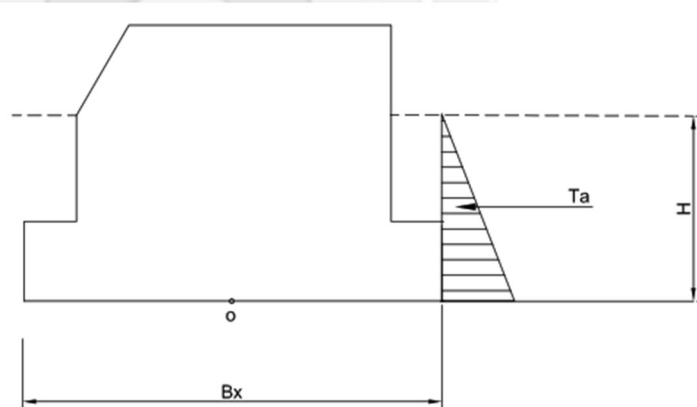
b. Tekanan Tanah Aktif

(Hardiyatmo, 2002) Jika *pylon* dan blok angkur mengalami keluluan atau bergerak ke arah luar dari tanah urug dibelakangnya, maka tanah urug akan bergerak ke bawah dan ke samping menekan *pylon* dan blok angkur. Tekanan seperti ini disebut tekanan tanah aktif (*active earth pressessure*), sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi di definisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif (*coefficient of active earth pressesure*) yang dinotasikan dengan K_a .

Nilai tekanan aktif lebih kecil dari tekanan saat diam. Gerakan *pylon* dan blok angkur ,menjauhi tanah urug menghilangkan pertahanan di belakang *pylon* dan blok angkur. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan *pylon* dan blok angkur seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. 8 Tekanan lateral aktif pada Pylon



Gambar 2. 9 Tekanan lateral aktif pada blok angkur

Untuk menghitung nilai koefisien tanah datar dan tanah miring pada tanah aktif digunakan rumus seperti dibawah ini:

Koefisien Tekanan Tanah Aktif (Ka)

$$Ka = \tan^2 (45^\circ - \varphi/2) \quad (2.14)$$

dengan,

Ka = koefisien tekanan aktif,

φ = Sudut gesek dalam tanah ($^\circ$).

Menghitung tekanan tanah aktif untuk tanah non kohesif. Nilai Pa untuk tanah non kohesif dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$Pa = 0.5 H^2 \gamma Ka \quad (2.15)$$

dengan,

γ = berat volume tanah (kN/m^3),

H = tinggi *pylon* dan blok angkur (m),

K_a = koefisien tekanan aktif,

P_a = tekanan tanah aktif total (kN/m).

Menghitung tekanan tanah aktif untuk tanah kohesif. Nilai P_a untuk tanah kohesif dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$P_a = 0.5 H^2 \gamma K_a - 2c \sqrt{K_a} \quad (2.16)$$

dengan,

P_a = tekanan tanah aktif total,

γ = berat volume tanah (kN/m³),

H = tinggi *pylon* dan blok angkur (m),

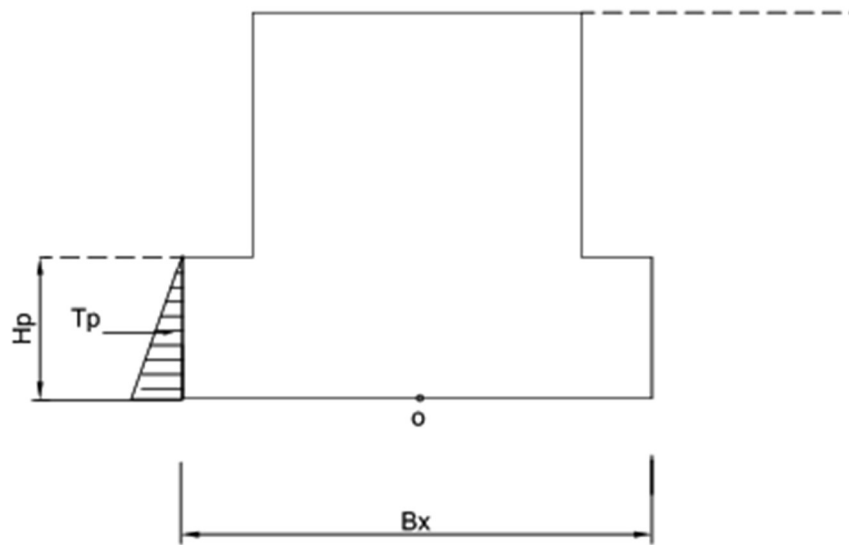
c = kohesi (kN/m³),

K_a = koefisien tekanan aktif.

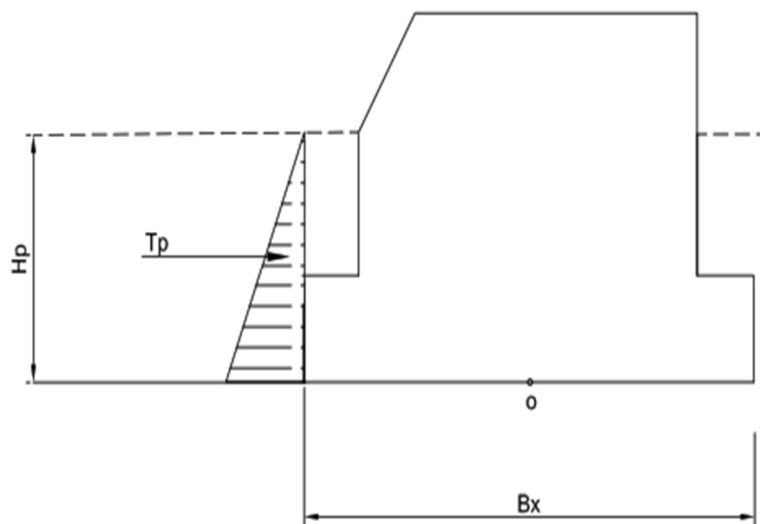
c. Tekanan Tanah Pasif

(Hardiyatmo, 2002) tekanan tanah pasif (*passive earth presssure*) adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong *pylon* dan blok angkur kearah tanah timbunan, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif (*coeffisient of passive earth presssure*) atau K_p . Nilai tekan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dari nilai tekanan aktif, atau persisnya $K_p > K_o > K_a$.

Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah timbunannya, yaitu gaya perlawanan tanah untuk menahan gerakan *pylon* dan blok angkur sebelum mengalami keruntuhan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2. 10 Diagram Tekanan Tanah Pasif pada Pylon



Gambar 2. 11 Diagram Tekanan Tanah Pasif pada Blok Angkur

Untuk menghitung nilai koefisien tanah datar dan tanah miring pada tanah pasif digunakan rumus seperti dibawah ini:

Koefisien Tekanan Tanah Pasif (K_p)

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \varphi/2) \quad (2.17)$$

dengan,

K_p = koefisien tekanan pasif,

φ = Sudut gesek dalam tanah ($^{\circ}$).

Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah non kohesif. Nilai P_a untuk tanah non kohesif dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$P_p = 0.5 H^2 \gamma K_p \quad (2.18)$$

dengan,

γ = berat volume tanah (kN/m^3),

H = tinggi *pylon* dan blok angkur (m),

K_p = koefisien tekanan pasif,

P_p = tekanan tanah pasif total (kN/m).

Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah kohesif. Nilai P_a untuk tanah kohesif dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$P_p = 0.5 H^2 \gamma K_p - 2c \sqrt{K_p} \quad (2.19)$$

dengan,

P_p = tekanan tanah pasif total (kN/m),

γ = berat volume tanah (kN/m^3),

H = tinggi *pylon* dan blok angkur (m),

c = kohesi (kN/m^2),

K_p = koefisien tekanan pasif.

2.4.3 Working Stress Design (WSD)

Working Stress Design (WSD) merupakan pendekatan dalam rekayasa struktur yang berfokus pada upaya memastikan bahwa material digunakan dalam batas tegangan yang diizinkan di bawah beban kerja. Metode ini menekankan keselamatan dengan mempertahankan tegangan di bawah batas yang telah ditentukan, sehingga memungkinkan perilaku struktur yang lebih dapat diprediksi dan andal, khususnya dalam desain pondasi. WSD berbeda dengan metode lain seperti Limit State Design, sehingga penting untuk memahami bagaimana filosofi desain yang berbeda memengaruhi kinerja dan keselamatan struktur (*intro to civil engineering review*, 2025).

2.4.4 Perhitungan potensi scouring yang terjadi melalui analisa hidrolika

Scouring atau gerusan adalah proses erosi yang terjadi di sekitar fondasi akibat aliran air yang mengikis tanah atau sedimen dasar sungai. Fenomena ini

dapat melemahkan daya dukung fondasi dan menyebabkan kegagalan struktur jembatan jika tidak diperhitungkan dengan baik dalam desain.

2.4.4.1 Faktor yang Mempengaruhi *Scouring*

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi tingkat scouring di sekitar fondasi jembatan antara lain:

- Kecepatan dan Volume Aliran Air : Aliran yang lebih cepat dan besar cenderung menyebabkan erosi lebih dalam.
- Jenis dan Karakteristik Tanah Dasar Sungai : Tanah berpasir lebih rentan terhadap gerusan dibandingkan tanah liat atau batuan.
- Bentuk dan Ukuran Pilar Jembatan : Pilar dengan bentuk aerodinamis dapat mengurangi turbulensi dan efek scouring.
- Kondisi Banjir dan Perubahan Musim : Debit air yang meningkat saat banjir mempercepat scouring di sekitar fondasi.

2.4.4.2 Jenis Fondasi

Jenis fondasi sebaiknya seragam untuk satu lokasi jembatan termasuk dimensi-dimensinya. Adapun kedalaman fondasinya menyesuaikan karakteristik tanah.

Perencanaan fondasi untuk jembatan gantung pejalan kaki adalah :

- a. Fondasi langsung direncanakan dengan kedalaman maksimal 4 meter;
- b. Fondasi sumuran direncanakan dengan kedalaman maksimal 6 meter dan diameter 2 meter;
- c. Fondasi tiang dapat menggunakan strauss pile (tiang bor manual) untuk kebutuhan ketersediaan peralatan lokal dengan diameter antara 0,25 s.d 0,4 meter;
- d. Fondasi dalam lainnya (kondisi khusus) mengikuti kriteria desain jembatan.

2.4.4.3 Fondasi berdasarkan gaya

Perencanaan fondasi berdasarkan gaya reaksi perletakan dan kabel menggunakan konfigurasi yang sesuai. Apabila dalam konfigurasi terpilih terdapat gaya tarik (*uplift*) pada *pylon*, maka desain fondasi wajib menggunakan fondasi tiang dengan kapasitas daya dukung friksi.

Terhadap konfigurasi yang terdapat gaya tarik (*uplift*), daya dukung tiang

wajib memperhitungkan masing – masing gaya tarik dan tekan pada kaki *pylon*, bukan resultante antara kedua gaya tersebut.

2.4.4.4 Faktor keamanan

Dalam perencanaan fondasi jembatan, faktor keamanan (*Safety Factor, SF*) digunakan untuk memastikan bahwa fondasi tetap stabil. Beberapa standar yang umum digunakan dalam menentukan faktor keamanan terhadap scouring antara lain:

- SNI 2835:2019 – Standar Nasional Indonesia untuk perencanaan teknis jembatan.
- FHWA HEC-18 (Federal Highway Administration, Hydraulic Engineering Circular No. 18) – Panduan internasional untuk analisis scouring pada fondasi jembatan.

Menurut standar tersebut, faktor keamanan berada dalam kisaran:

- a. SF daya dukung tanah = 2,0; SF Geser 1,5 dan SF Guling = 1,5 untuk Fondasi langsung dan sumuran.
- b. SF Point Bearing = 3 dan SF Friction Pile = 3 untuk Tiang pancang.

2.4.4.5 Deformasi lateral dan penurunan

Deformasi lateral dan penurunan pada fondasi tiang dibatasi dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Deformasi lateral fondasi tiang yang diizinkan maksimum 1 inchi atau 2,5cm yang di bawah fondasi;
- b. Penurunan maksimum fondasi yang diizinkan 1 cm;
- c. Kedalaman fondasi direncanakan hingga sampai pada tanah keras, apabila tanah keras cukup dalam (> 50 m), maka fondasi dapat direncanakan mengandalkan daya dukung friksi saja dengan batasan penurunan tiang.

2.5 Penelitian Terdahulu

Judul	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Hasil
Analisis Stabilitas Blok Angkur / Backstay Jembatan Gantung Jurangsari Kabupaten Semarang	A.Munif	2023	Kuantitatif	Stabilitas blok angkur/backstay pada kondisi batas layan (<i>serviceability limit state</i>) aman terhadap geser dengan $SF = 5.5 > 1.5$ dan guling $SF = 57.0 > 1.5$ sedangkan pada kondisi ekstrim/gempa aman terhadap geser dengan $SF = 6.81 > 1.1$ dan guling $SF = 21.09 > 1.1$.
Evaluasi dan Perencanaan Jembatan Gantung (Studi Kasus : Ngembik, Kramat Utara, Kota Magelang)	Mario Figo	2021	Kuantitatif	Dari hasil analisis hidrologi dengan metode nakayasu menghasilkan tinggi lantai jembatan yang aman karena sudah melebihi batas aman ketinggian lantai jembatan berdasarkan pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung yaitu minimal 1 meter diatas permukaan air. Sedangkan dari hasil analisis dihasilkan tinggi lantai 5 meter diatas permukaan
Kekuatan struktur jembatan gantung Sederhana untuk pejalan kaki	N.Retno Setiati, Almuhitsyah, Panji Krisna Wardhana,	2015	Kuantitatif	Hasil analisis menunjukkan bahwa beban yang bekerja masih lebih kecil dibandingkan dengan beban standar. Walaupun jembatan ini dapat dilewat oleh kendaraan beroda dua, perlu dilakukan kajian terhadap pengaruh getaran akibat kendaraan beroda dua terhadap jembatan.

	dan Halisa			
Studi Perancangan Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki Di Desa Perampuan Dengan Gelagar Truss System	Nurul Khotimah	2020	Kuantitatif	Blok angkur yang berfungsi menahan gaya tarik kabel menggunakan blok angkur beton bertulang type gravity dengan dimensi 2,5 x 2 x 4 m menggunakan mutu beton f'_c 30 MPa dan mutu tulangan f_y 240 MPa serta tertanam didalam tanah sedalam 6m.

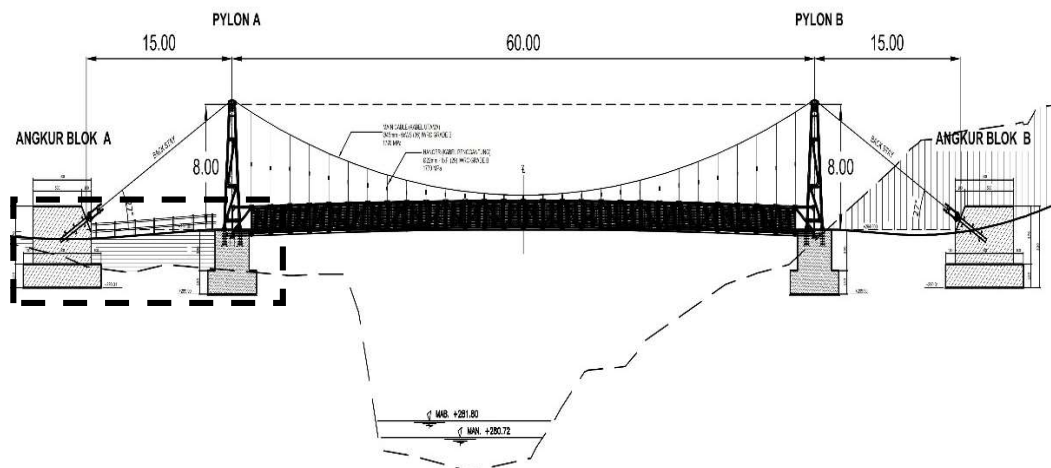


BAB III METODOLOGI

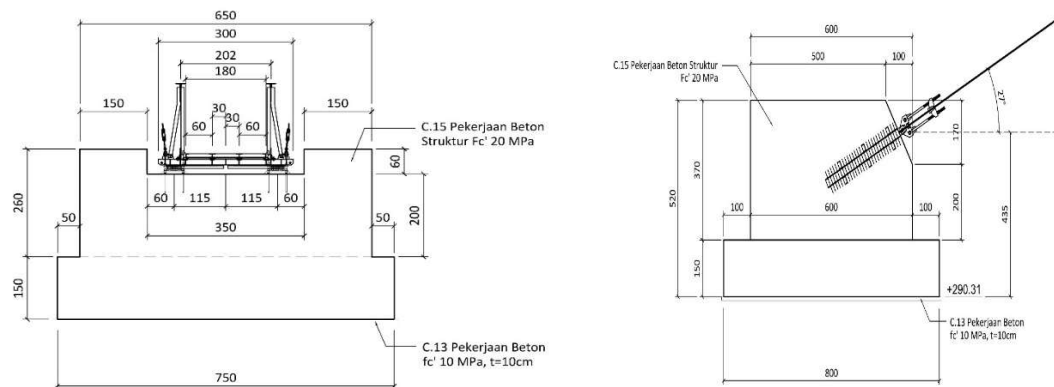
3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah suatu cara atau sistem yang digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data dalam suatu penelitian. Metodologi ini berfungsi sebagai pedoman agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan.

Pada penelitian ini yang menjadi subjek penelitian adalah Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Jatirunggo Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. Untuk objek dari penelitian ini adalah Bangunan Bawah Jembatan pada proyek tersebut seperti terlihat pada gambar berikut ini.



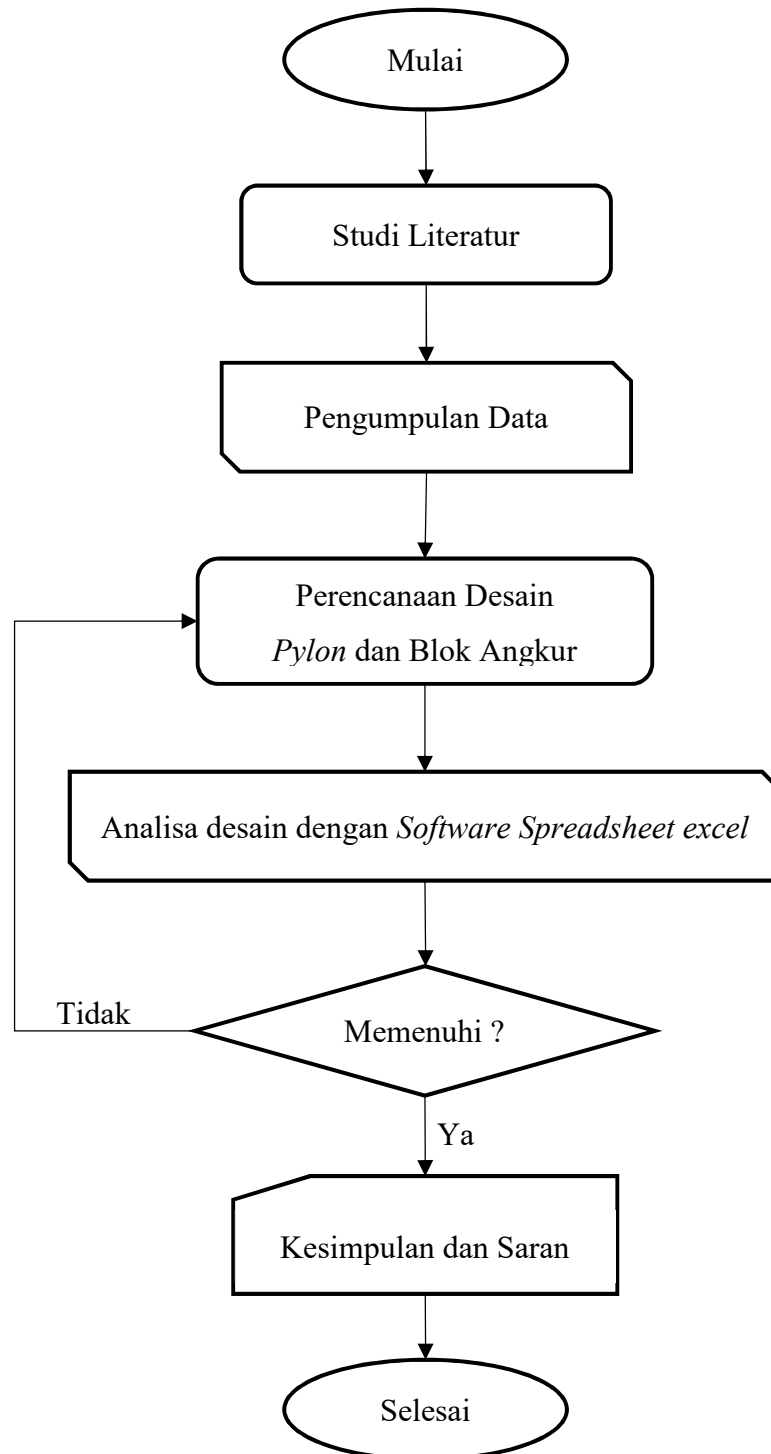
Gambar 3. 1 Jembatan Gantung Jatirunggo Kabupaten Semarang



Gambar 3. 2 Pylon dan Blok Angkur

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini menggambarkan tahapan-tahapan mulai dari studi literatur hingga penarikan kesimpulan dan saran. Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang menunjukkan tahapan diatas.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian

3.3 Prosedur Penelitian

Diagram alir di atas menggambarkan secara sistematis tahap-tahap yang harus dilalui dalam pengerjaan tugas akhir ini. Setiap langkah dalam diagram tersebut mencerminkan urutan proses yang harus dilakukan agar penelitian atau tugas akhir dapat diselesaikan dengan baik. Uraian mengenai masing-masing tahap dalam diagram alir tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Sebagai penulis, studi literatur adalah salah satu tahap yang paling mendasar dalam proses penelitian. Sebelum melangkah lebih jauh dalam penelitian, saya sebagai penulis melakukan kajian pustaka untuk memahami secara mendalam tentang topik yang akan diteliti.

Studi literatur ini bertujuan untuk menggali dan mengevaluasi teori, konsep, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan masalah penelitian yang saya angkat. Dalam penelitian ini saya juga mengumpulkan berbagai literatur dari beberapa jurnal nasional dan buku untuk memahami lebih dalam mengenai perencanaan bangunan bawah jembatan gantung seperti fondasi *pylon* dan blok angkur.

Proses pemahaman ini dilakukan dengan mencari sumber bacaan, membaca dan kemudian memahaminya. Kemudian berbagai informasi yang didapat kemudian dikaitkan dengan kondisi dan permasalahan yang terdapat pada laporan tugas akhir ini.

b. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, penulis menggunakan Pengumpulan Data Sekunder sebagai salah satu metode dalam penelitian di mana penulis menggunakan data yang telah ada sebelumnya, yang dikumpulkan oleh pihak lain, daripada mengumpulkan data langsung dari sumbernya (seperti dalam pengumpulan data primer). Data sekunder dapat berupa laporan penelitian terdahulu, data statistik yang telah dipublikasikan, dokumen pemerintah, arsip, atau sumber lain yang relevan dengan topik penelitian. Berikut ini merupakan data sekunder yang telah diperoleh oleh penulis:

- 1) Gambar detail desain proyek pembangunan jembatan gantung jatirunggo, oleh Satker Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Jawa Tengah;
- 2) Kriteria desain perencanaan bangunan bawah jemabatan gantung pejalan kaki *Type Rigid-Simetris* pengadaan tahun anggaran 2022, oleh Satker Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Jawa Tengah;
- 3) Hasil uji penyelidikan tanah oleh konsultan perencana yaitu CV.Raken Putra Utama;
- 4) Observasi lapangan pada *pylon* dan blok angkur yang sudah terbangun;
- 5) Metode studi pustaka digunakan untuk mendapatkan teori – teori berdasarkan literatur – literatur yang ada;
- 6) Metode berupa bimbingan dengan dosen pembimbing mengenai penulisan materi maupun pelaksanaan pelaksanaan tugas akhir ini;
- 7) Mencari referensi dan dasar teori yang mendukung untuk membuat analisa kestabilan, daya dukung maupun penurunan struktur bangunan bawah jembatan gantung.

Perincian data tersebut adalah sebagai berikut:

a) Gambar Detail Desain (*DED / Detail Enginering Desain*)

Gambar detail desain Proyek Pembangunan Jemabatan Gantung Jatirunggo Kabupaten Semarang dengan bentang jembatan 60 meter. Gambar detail yang diperlukan meliputi gambar *pylon* dan blok angkur pada jembatan gantung tersebut.

b) Hasil Uji Penyelidikan tanah

Berikut adalah data hasil penyelidikan tanah untuk proyek pembangunan Jembatan Gantung Jatirunggo. Penyelidikan tanah yang dilakukan meliputi:

- 1) Pengeboran dalam dengan kedalaman 20 meter pada 2 titik;
- 2) Pengambilan SPT dengan *interval* kedalaman 2,00 meter;
- 3) Pengujian sondir pada 2 titik, pengujian dilakukan hingga mendapatkan nilai $q_c = 200-250 \text{ kg/cm}^2$;
- 4) Pengamatan muka air tanah pada seluruh titik uji di lapangan.

c. Perencanaan Desain *Pylon* dan Blok Angkur

Pada tahap ini, penulis menentukan karakteristik *pylon* dan blok angkur berdasarkan data kriteria yang telah tersedia yang mencakup dimensi, jenis material dan gaya – gaya yang bekerja pada *pylon* dan blok angkur.

d. Pemodelan dan Analisa

Pada tahap ini, penulis menggunakan perangkat lunak *Spreadsheet Excel* untuk membuat perhitungan desain yang telah dirancang sebelumnya menggunakan perangkat lunak *AutoCAD*. Dari model tersebut, dapat dianalisis berbagai parameter, seperti berat struktur, tekanan tanah aktif, tekanan tanah pasif, momen, dan tekanan yang diterima oleh dasar fondasi tanah, khususnya pada *pylon* dan blok jangkar.

Selain itu, faktor keamanan (*safety factor*) dari *pylon* dan blok angkur juga dapat dihitung. Jika faktor keamanan terhadap guling dan geser kurang dari 1,5, daya dukung tanah kurang dari 2,0, dan penurunan tanah lebih dari 1,0 cm, maka model perlu diperbaiki atau didesain ulang.

Selanjutnya, penulis membandingkan dimensi *pylon* dan blok angkur hasil desain dengan hasil perhitungan untuk menentukan apakah struktur bawah jembatan yang telah dibangun masih bisa dioptimalkan. Jika hasil perhitungan menunjukkan bahwa faktor keamanan tidak memenuhi standar yang ditentukan, maka perhitungan ulang harus dilakukan hingga memenuhi semua persyaratan yang berlaku.

e. Kesimpulan dan Saran

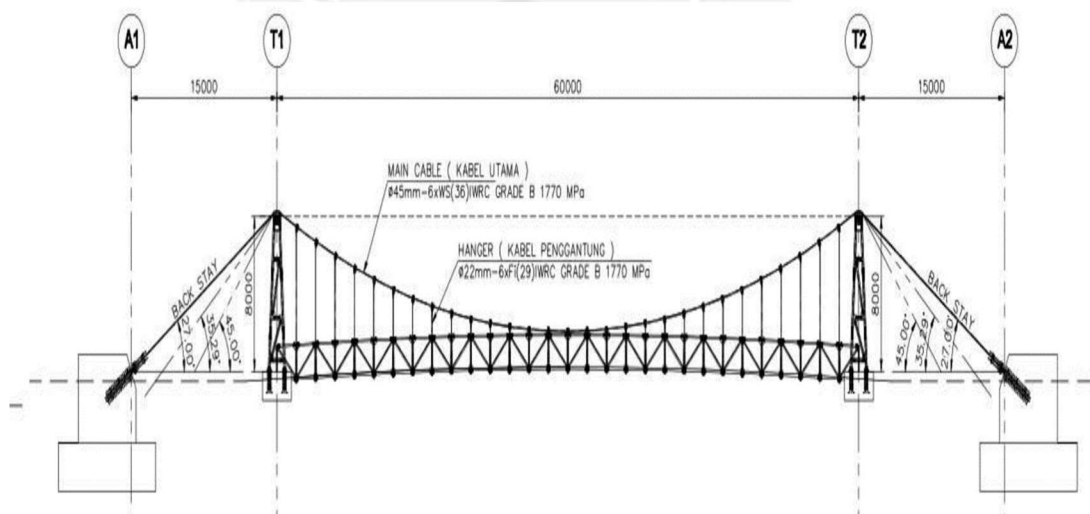
Pada tahap ini, Penulis menyajikan beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini, serta memberikan saran-saran yang dapat diterapkan dalam penelitian selanjutnya. Saran tersebut bertujuan untuk memperbaiki metode atau pendekatan yang digunakan, serta untuk mengoptimalkan hasil yang diperoleh.

Dengan memperhatikan saran yang diberikan, diharapkan penelitian berikutnya dapat lebih akurat, efisien, dan menghasilkan temuan yang lebih valid. Selain itu, penulis juga menyarankan agar aspek-aspek tertentu yang mungkin belum dijelajahi lebih dalam dalam penelitian ini, dapat dijadikan fokus pada penelitian yang akan datang.

BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN

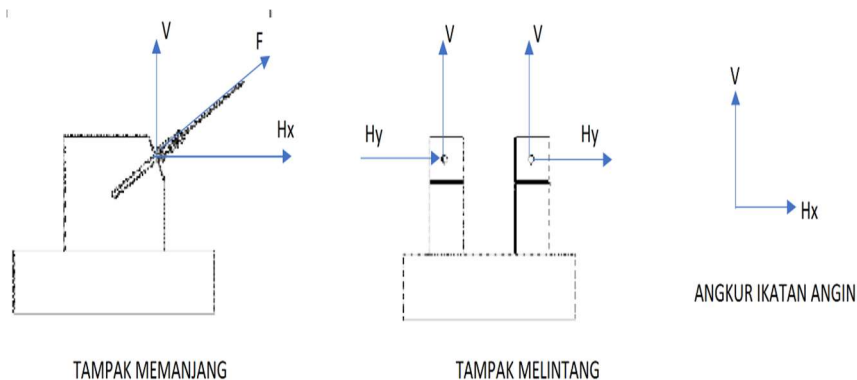
4.1 Identifikasi Beban – Beban Kerja pada Struktur Bawah dan Pemilihan Bentang

Jembatan ini direncanakan dengan bentang sepanjang 60 meter untuk menghubungkan dua titik yang terpisah oleh sungai. Sistem kabel Jembatan dirancang dengan panjang *back stay* (BS) 15 meter dan sudut kemiringan sebesar 27° , untuk memastikan kestabilan struktur dan efisiensi distribusi beban. Menara (*pylon*) penyangga kabel memiliki tinggi 8 meter.



Gambar 4. 1 Potongan Memanjang Jembatan Gantung

- Reaksi gaya pada Blok Angkur



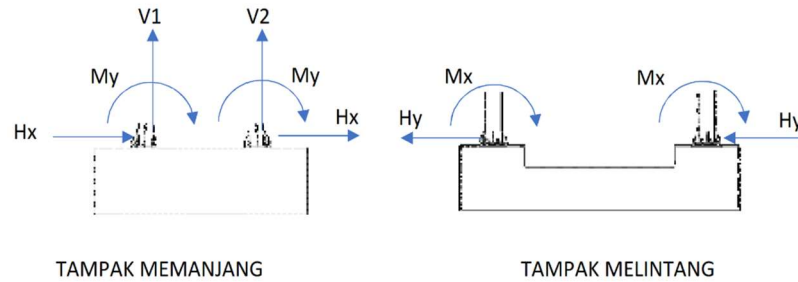
$$H_x = 406,32 \text{ kN}$$

$$H_y = 0 \text{ kN}$$

$$V = 216,11 \text{ kN}$$

$$F = 460,20 \text{ kN}$$

- Reaksi gaya pada Kaki Pylon



$$H_x = 30,26 \text{ kN}$$

$$H_y = 1,71 \text{ kN}$$

$$M_x = 11,88 \text{ kNm}$$

$$M_y = 3,72 \text{ kNm}$$

$$V_1 = -297,08 \text{ kN}$$

$$V_2 = -332,22 \text{ kN}$$

4.1.1 Serviceability Limit States (SLS)

Menurut (Direktorat Pembangunan Jembatan, 2022) *Serviceability Limit States (SLS)* yaitu mengacu pada batas kondisi yang memastikan elemen struktural tetap berfungsi dengan baik tanpa mengalami deformasi berlebihan, retak yang berlebihan, atau penurunan yang dapat mengganggu kenyamanan dan kinerja jembatan dalam jangka panjang.

Tabel 4. 1 Reaksi Gaya pada Blok Angkur dan Kaki Pylon (SLS)

No	Bentang (m)	Kondisi	Panjang B S (m)	α (derajat)	Tinggi Tower (m)	Posisi				Posisi						Posisi		
						Blok Angkur (SLS)				Kaki Tower (SLS)						Wind Guy Blok Angkur (SLS)		
						Hx (kN)	Hy (kN)	V (kN)	F (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	V (kN)
1	40	1	10,00	33,33	6,2	154,90	0,00	92,7974	180,6	10,25	2,71	4,54	3,26	-95,34	-144,07			
		2	9,41	35		149,99	0,00	100,595	180,6	12,49	2,76	5,26	3,29	-77,01	-165,72			
		3	6,69	45		127,63	0,00	127,75	180,6	19,64	2,83	8,59	3,39	-31,56	-231,73			
2	60	1	15,00	27	8	406,32	0,00	216,11	460,2	30,26	1,71	11,88	3,72	-297,08	-322,22			
		2	11,87	35		385,94	0,00	250,68	460,2	38,96	1,85	13,60	3,61	-182,80	-447,19			
		3	8,51	45		323,85	0,00	326,93	460,2	64,58	1,95	17,80	3,44	279,88	-932,15			
3	80	1	20,00	30	11	576,10	0,00	314,58	656,4	61,16	6,68	18,28	11,07	-442,73	-491,37			
		2	16,26	35		546,47	0,00	363,56	656,4	73,53	6,91	19,85	11,60	-270,31	-679,54			
		3	11,53	45		464,13	0,00	464,10	656,4	113,07	7,72	24,53	12,91	396,59	-1384,26			
4	100	1	25,00	29	13,5	728,52	0,00	380,43	821,9	137,67	114,62	58,23	77,54	-573,79	-686,34	80,50	31,99	9,02
		2	19,82	35		683,27	0,00	456,73	821,9	156,12	115,93	61,81	77,38	-330,46	-963,56	80,85	32,15	8,96
		3	14,00	45		581,10	0,00	581,21	821,9	199,19	116,68	69,39	78,43	609,55	-1908,84	80,26	31,92	8,87
5	120	1	30,00	28	15,75	802,41	0,00	389,28	891,8	71,00	12,83	11,63	25,80	-723,77	-677,27	85,92	38,04	10,41
		2	23,05	35		723,20	0,00	521,85	891,8	73,89	11,38	15,73	25,23	-406,42	-1056,60	87,78	39,13	10,87
		3	16,24	45		630,35	0,00	630,80	891,8	138,63	3,52	25,36	8,39	1044,32	-2544,28	104,14	46,07	13,07

4.1.2 Ultimate Limit States (ULS)

Ultimate Limit States (ULS) mengacu pada kondisi kritis dari struktur atau elemen bangunan di mana struktur tersebut mencapai kegagalan atau kerusakan yang tidak dapat diperbaiki. ULS digunakan untuk memastikan bahwa beban maksimum

yang dapat diterima oleh struktur tidak menyebabkan kegagalan yang membahayakan keselamatan. Dalam konteks perancangan jembatan atau bangunan, ULS mempertimbangkan kondisi seperti beban maksimum yang diharapkan, beban tak terduga, atau faktor-faktor eksternal lainnya yang dapat menyebabkan kerusakan fatal pada struktur.panjang.

Tabel 4. 2 Reaksi Gaya pada Blok Angkur dan Kaki Pylon (ULS)

REAKSI GAYA JEMBATAN GANTUNG TIPE RIGID TA 2022 (ULS)																		
No	Bentang (m)	Kondisi	Panjang B S (m)	α (derajat)	Tinggi Tower (m)	Posisi				Posisi						Posisi		
						Blok Angkur (ULS)				Kaki Tower (ULS)						Wind Guy Blok Angkur (ULS)		
						Hx (kN)	Hy (kN)	V (kN)	F (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	V (kN)
1	40	1	10,00	33,33	6,2	239,97	0,00	152,59	284,4	16,87	9,31	7,10	10,92	-133,38	-240,71			
		2	9,41	35		217,81	0,00	182,89	284,4	19,41	9,29	8,21	10,96	-113,05	-265,52			
		3	6,69	45		200,19	0,00	201,95	284,4	27,32	9,25	11,80	10,86	-52,91	-342,15			
2	60	1	15,00	27	8	517,82	0,00	291,81	594,4	32,40	13,38	10,26	27,55	-273,04	-548,17			
		2	11,87	35		491,03	0,00	335,02	594,4	43,47	13,42	11,89	27,44	-139,03	-689,40			
		3	8,51	45		420,07	0,00	420,50	594,4	71,32	13,52	16,12	27,75	358,62	-1191,27			
3	80	1	20,00	30	11	734,20	0,00	397,21	834,8	69,49	23,07	15,69	37,90	-494,16	-776,18			
		2	16,26	35		690,66	0,00	468,92	834,8	87,12	22,79	14,94	37,40	-313,05	-975,88			
		3	11,53	45		590,23	0,00	590,29	834,8	128,97	23,15	22,90	38,32	527,82	-1829,83			
4	100	1	25,00	29	13,5	900,95	0,00	500,91	1030,8	119,88	77,88	35,99	98,59	-617,24	-1079,56	111,43	44,30	12,92
		2	19,82	35		856,75	0,00	573,25	1030,8	141,48	24,87	39,66	98,62	-359,28	-1371,86	107,94	42,93	12,49
		3	14,00	45		729,50	0,00	728,29	1030,8	188,96	79,06	47,78	98,66	693,97	-2479,68	107,21	42,64	12,38
5	120	1	30,00	28	15,75	1043,33	0,00	534,17	1172,1	77,64	26,01	15,05	55,52	-818,01	-1181,60	116,62	51,62	14,63
		2	23,05	35		966,93	0,00	662,50	1172,1	104,16	25,66	18,79	54,55	-486,10	-1555,72	119,10	53,16	15,18
		3	16,24	45		828,83	0,00	828,78	1172,1	155,80	26,13	27,76	55,80	923,09	-2985,84	119,85	53,52	15,15

Skema SLS digunakan dalam merencanakan bangunan bawah jembatan gantung sesuai dengan Pasal 3.5 Kriteria Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid-Simetris TA. 2022.

4.1.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pada batas layan disusun mengacu pada SNI 1725:2016 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Jembatan, yang secara khusus mengatur interaksi antar beban dalam kondisi operasional normal. Pada tahap ini, kombinasi beban mempertimbangkan beban mati (berat sendiri struktur), beban hidup (lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki), beban angin, beban hujan, serta pengaruh temperatur. Tujuan utama penyusunan kombinasi batas layan adalah memastikan struktur jembatan tetap berfungsi secara optimal tanpa mengalami deformasi berlebihan, retak, maupun getaran yang melampaui ambang batas kenyamanan pengguna. Dengan demikian, hasil analisis kombinasi ini menjadi acuan dalam mengevaluasi kinerja jembatan gantung secara menyeluruh, sekaligus sebagai dasar pembandingan sebelum dilakukan analisis pada kondisi batas ultimit untuk menjamin faktor keamanan struktur.

Berikut ini merupakan kombinasi pembebanan yang disusun berdasarkan ketentuan dalam SNI:

Layan I :

No.	Aksi / Beban	Faktor Beban
1	Berat Fondasi	1
2a	Tekanan tanah aktif	1
2b	Tekanan tanah pasif	1
3	Reaksi Vertikal Pylon / Blok Angkur	1
4	Reaksi Horizontal Pylon / Blok Angkur	1

Ekstrim I :

No.	Aksi / Beban	Faktor Beban
1	Berat Fondasi	1,3
2a	Reaksi Vertikal Pylon / Blok Angkur	1,4
2b	Reaksi Horizontal Pylon / Blok Angkur	1,4
3	Tekanan Tanah Dinamis	1,25
4	Beban Gempa Statik Ekuivalen	1

4.1.4 Penentuan Parameter Gempa

Desain Spektra Indonesia merupakan aplikasi resmi dari Kementerian PUPR yang dapat diakses melalui situs <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id>. Aplikasi ini digunakan untuk menentukan parameter gempa berdasarkan lokasi dan kondisi tanah aktual, sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1726:2019. Dengan memasukkan data berupa koordinat lokasi dan jenis tanah, pengguna dapat memperoleh nilai percepatan gempa dasar serta koefisien amplifikasi. Dari hasil tersebut, sistem secara otomatis menghitung dan menghasilkan spektrum respons desain dalam bentuk grafik maupun data numerik, yang menjadi dasar penting dalam perencanaan struktur tahan gempa..

Berikut merupakan hasil setelah memasukkan data berupa koordinat geografis lokasi perencanaan jembatan dan jenis tanah berdasarkan hasil investigasi lapangan ke dalam aplikasi Desain Spektra Indonesia. Untuk jenis tanah kita masukkan berdasarkan hasil sondir, karena klasifikasi tanah menggunakan N-SPT maka hasil sondir (q_c) kita rubah dengan rumus $N-SPT = q_c / 4$, dimana hasil sondir pada kedalaman 4 m adalah $q_c = 130 \text{ kg/cm}^2$ maka di dapat nilai $N-SPT = 130 / 4$ yaitu 32,5 dengan jenis tanah lanau berpasir

maka dari tabel dibawah ini didapat kelas situs tanah padat.

Tabel 4. 3 Klasifikasi Tanah Pasir

Klasifikasi Tanah Pasir (Non-Kohesif / Granular Soil)		
Nilai N-SPT	Klasifikasi Kepadatan	Keterangan
0 – 4	Sangat lepas	Daya dukung sangat rendah
4 – 10	Lepas	Rentan terhadap penurunan
10 – 30	Padat sedang	Umum dijumpai di lapisan pendukung
30 – 50	Padat	Stabil, baik untuk pondasi
> 50	Sangat padat	Sulit digali, daya dukung tinggi

Sedangkan untuk koordinat lokasi rencana jembatan yaitu :

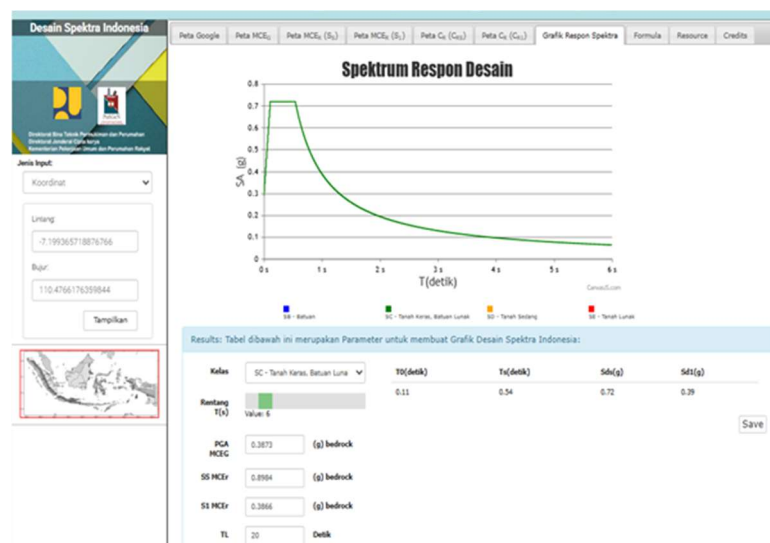
Lintang : -7.1965587375150735

Bujur : 110.47542562384713

maka didapatkan hasil seperti di bawah ini

Tabel 4. 4 Data Numerik Spektrum Respon Desain

Kelas	T0	Ts	Sds	Sd1
SC	0,11	0,54	0,72	0,39
Bujur	110,4766176			
Lintang	-7,199365719			
pga	0,3873			
ss	0,8984			
s1	0,3866			
tl	20			



Gambar 4. 2 Spektrum respon Desain

- Zona gempa

Koefisien percepatan (Spf)	Zona Gempa
$Spf < 0,15$	1
$0,15 < Spf < 0,30$	2
$0,30 < Spf < 0,50$	3
$Spf > 0,50$	4

- Faktor Modifikasi respon (R)

Hubungan elemen struktur	Semua Kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

$$Eq = \frac{Csm}{R} \times Wt$$

$$Csm = 0,72 \text{ (} Csm = Sds \text{)}$$

$$R = 1$$

$$Eq = 0,72/1$$

$$Eq = 0,72 \times Wt$$

4.2 Deskripsi Hasil Pengujian Tanah

4.2.1 Hasil Penyelidikan Tanah

Pengujian sondir dilakukan pada dua titik lokasi proyek dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik tanah secara vertikal hingga kedalaman tertentu. Dari hasil pengujian ini diperoleh data mengenai tahanan ujung konus (cone resistance/qc) dan rasio gesekan (friction ratio/fr) terhadap kedalaman tanah. Data tersebut selanjutnya dianalisis untuk mengidentifikasi jenis dan urutan lapisan tanah yang ada di bawah permukaan. Melalui interpretasi nilai qc dan fr, dapat diketahui perbedaan lapisan tanah lunak, tanah sedang, maupun tanah keras, serta perkiraan kedalaman lapisan pendukung yang cukup kuat menahan beban struktur.:

- **Titik Sondir 1 (A)**

Kedalaman 0,00 meter sampai 2,20 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 0 kg/cm² sampai 88 kg/cm².

Kedalaman 2,40 meter sampai 4,20 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 74 kg/cm² sampai 235 kg/cm².

Tanah keras terdapat pada kedalaman 4,20 meter dengan nilai *conus resistance* berkisar antara 235 kg/cm².

- **Titik Sondir 2 (B)**

Kedalaman 0,00 meter sampai 0,80 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 0 kg/cm² sampai 15 kg/cm².

Kedalaman 1,00 meter sampai 2,60 meter, nilai *conus resistance* berkisar antara 40 kg/cm² sampai 235 kg/cm².

Tanah keras terdapat pada kedalaman 2,60 meter dengan nilai *conus resistance* berkisar antara 235 kg/cm².

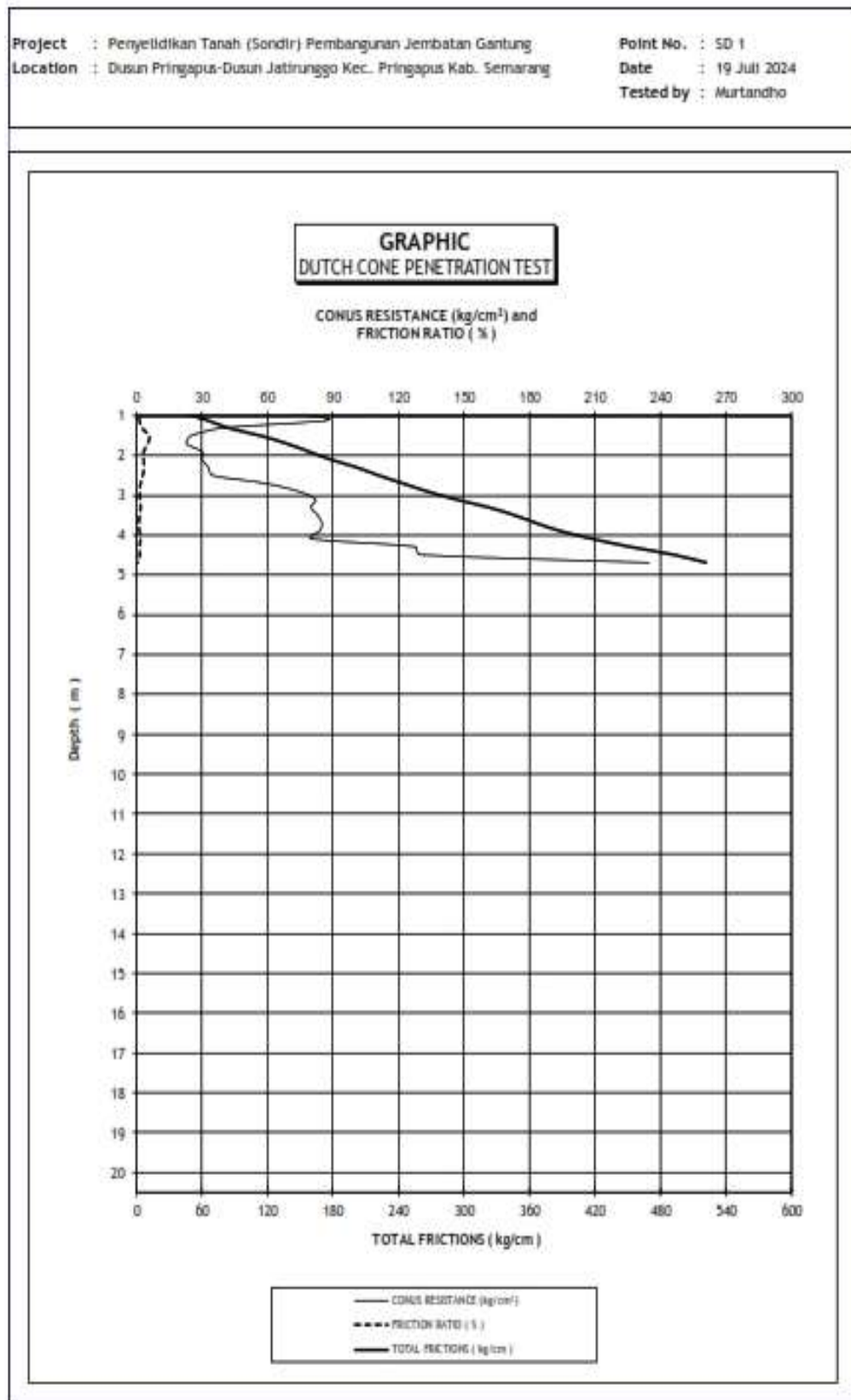
Berikut disajikan pula hasil uji sondir yang terdiri atas tabel data dan grafik interpretasi. Data yang diperoleh menggambarkan hubungan antara kedalaman tanah dengan nilai tahanan konus (*qc*) serta rasio gesekan (*fr*) pada titik pengujian. Melalui grafik *qc* terhadap kedalaman dapat diamati perubahan kekuatan tanah secara vertikal, sedangkan grafik *fr* memberikan gambaran mengenai perbedaan jenis tanah, apakah dominan berupa pasir, lanau, atau lempung. Informasi ini sangat penting karena mampu menunjukkan lapisan-lapisan tanah yang lunak, sedang, maupun keras, serta kedalaman lapisan pendukung yang potensial dijadikan tumpuan fondasi.

Hasil uji sondir ini kemudian menjadi dasar utama dalam analisis karakteristik tanah di lokasi proyek. Dengan mengetahui variasi nilai *qc* dan *fr*, perencana dapat memperkirakan kapasitas dukung tanah, potensi penurunan (*settlement*), serta kestabilan tanah terhadap beban yang akan dipikul oleh struktur jembatan gantung. Selain itu, data ini juga digunakan untuk menentukan jenis fondasi yang sesuai, apakah fondasi dangkal masih memungkinkan atau diperlukan fondasi dalam seperti tiang pancang atau bored pile.

Tabel 4. 5 Hasil Sondir Titik 1

DUTCH CONE PENETRATION TEST											
Project : Penyelidikan Tanah (Sondir) Pembangunan Jembatan Gantung						Point No. : SD 1					
Location : Dusun Pringapus-Dusun Jatirunggo Kec. Pringapus Kab. Semarang						Date : 19 Juli 2024					
Koordinat:						Test by : Murtandho					
X : 7.19913											
Y : 110.47700											
Depth	qc	qc + F	LF	FR	TF	Depth	qc	qc + F	LF	FR	TF
m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	kg/cm	m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	kg/cm
0,00						8,00					
0,20	50,0	60,0	1,0	2,0	20,0	8,20					
0,40	65,0	75,0	1,0	1,5	40,0	8,40					
0,60	88,0	100,0	1,2	1,4	64,0	8,60					
0,80	40,0	50,0	1,0	2,5	84,0	8,80					
1,00	25,0	40,0	1,5	6,0	114,0	9,00					
1,20	23,0	35,0	1,2	5,2	138,0	9,20					
1,40	30,0	40,0	1,0	3,3	158,0	9,40					
1,60	30,0	40,0	1,0	3,3	178,0	9,60					
1,80	33,0	45,0	1,2	3,6	202,0	9,80					
2,00	35,0	45,0	1,0	2,9	222,0	10,00					
2,20	59,0	70,0	1,1	1,9	244,0	10,20					
2,40	74,0	85,0	1,1	1,5	266,0	10,40					
2,60	82,0	95,0	1,3	1,6	292,0	10,60					
2,80	80,0	95,0	1,5	1,9	322,0	10,80					
3,00	83,0	95,0	1,2	1,4	346,0	11,00					
3,20	85,0	95,0	1,0	1,2	366,0	11,20					
3,40	84,0	95,0	1,1	1,3	388,0	11,40					
3,60	80,0	95,0	1,5	1,9	418,0	11,60					
3,80	128,0	145,0	1,7	1,3	452,0	11,80					
4,00	130,0	150,0	2,0	1,5	492,0	12,00					
4,20	235,0	250,0	1,5	0,6	522,0	12,20					
4,40						12,40					
4,60						12,60					
4,80						12,80					
5,00						13,00					
5,20						13,20					
5,40						13,40					
5,60						13,60					
5,80						13,80					
6,00						14,00					
6,20						14,20					
6,40						14,40					
6,60						14,60					
6,80						14,80					
7,00						15,00					
7,20						15,20					
7,40						15,40					
7,60						15,60					
7,80						15,80					
8,00						16,00					
Notes : qc = Conus Resistance qc + F = Conus Resistance + Cleef Resistance LF = Local Friction FR = Friction Ratio TF = Total Friction											

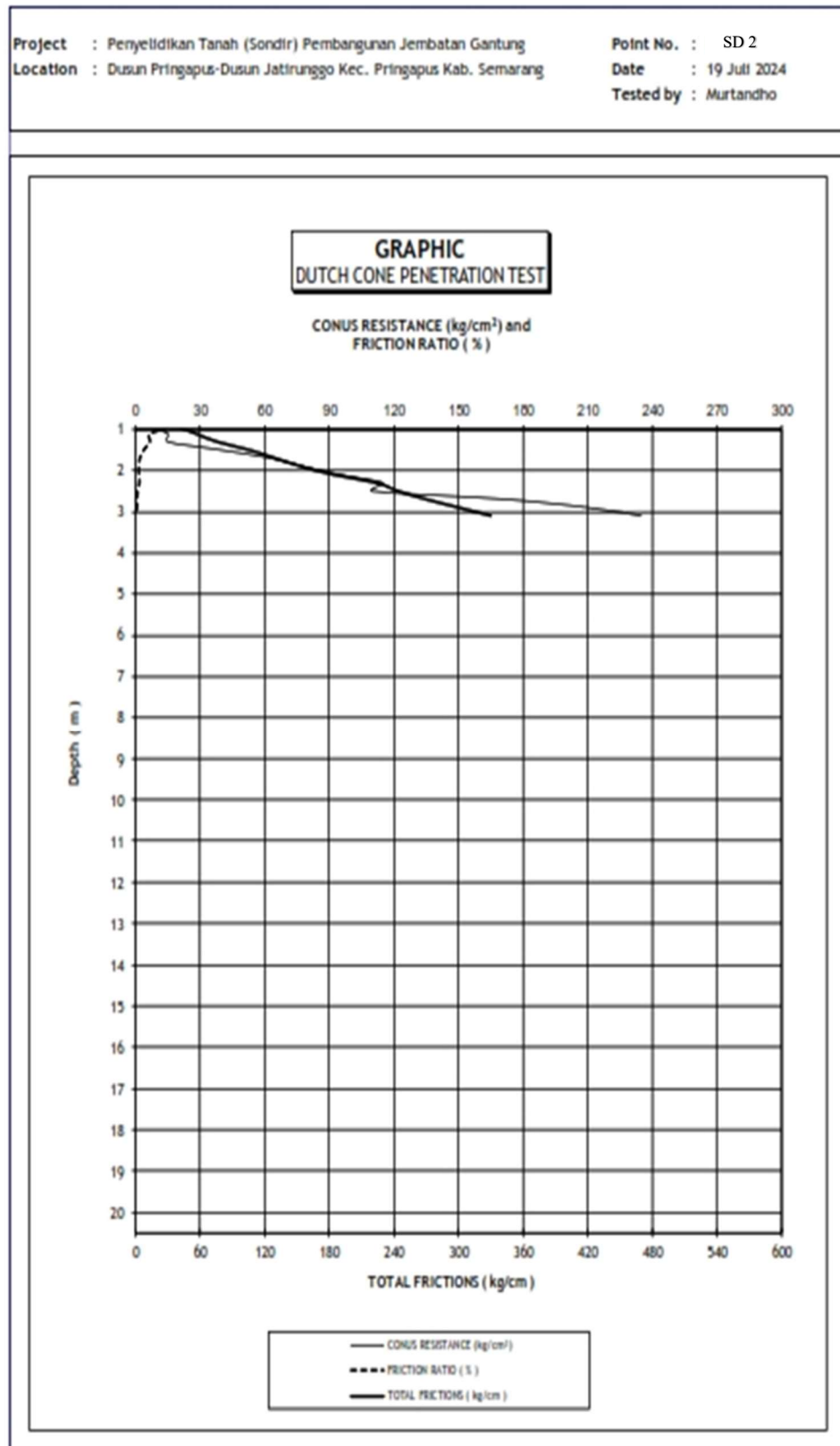
Tabel 4. 6 Grafik Sondir Titik 1



Tabel 4. 7 Hasil Sondir Titik 2

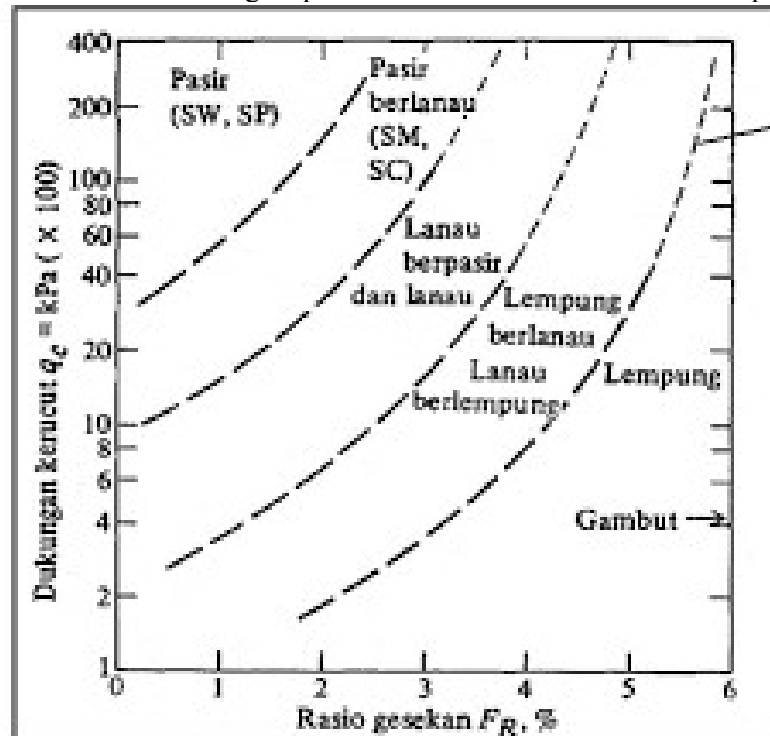
DUTCH CONE PENETRATION TEST											
Project : Penyelidikan Tanah (Sondir) Pembangunan Jembatan Gantung						Point No. : SD 2					
Location : Dusun Pringapus-Dusun Jatirunggo Kec. Pringapus Kab. Semarang						Date : 19 Juli 2024					
Koordinat:						Test by : Murtandho					
X : 7.19982											
Y : 110.47713											
Depth	qc	qc + F	LF	FR	TF	Depth	qc	qc + F	LF	FR	TF
m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	kg/cm	m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	%	kg/cm
0,00						8,00					
0,20	2,0	10,0	0,8	40,0	16,0	8,20					
0,40	5,0	15,0	1,0	20,0	36,0	8,40					
0,60	15,0	25,0	1,0	6,7	56,0	8,60					
0,80	15,0	25,0	1,0	6,7	76,0	8,80					
1,00	40,0	55,0	1,5	3,8	106,0	9,00					
1,20	63,0	75,0	1,2	1,9	130,0	9,20					
1,40	78,0	90,0	1,2	1,5	154,0	9,40					
1,60	95,0	110,0	1,5	1,6	184,0	9,60					
1,80	115,0	135,0	2,0	1,7	224,0	9,80					
2,00	110,0	120,0	1,0	0,9	244,0	10,00					
2,20	172,0	185,0	1,3	0,8	270,0	10,20					
2,40	210,0	225,0	1,5	0,7	300,0	10,40					
2,60	235,0	250,0	1,5	0,6	330,0	10,60					
2,80						10,80					
3,00						11,00					
3,20						11,20					
3,40						11,40					
3,60						11,60					
3,80						11,80					
4,00						12,00					
4,20						12,20					
4,40						12,40					
4,60						12,60					
4,80						12,80					
5,00						13,00					
5,20						13,20					
5,40						13,40					
5,60						13,60					
5,80						13,80					
6,00						14,00					
6,20						14,20					
6,40						14,40					
6,60						14,60					
6,80						14,80					
7,00						15,00					
7,20						15,20					
7,40						15,40					
7,60						15,60					
7,80						15,80					
8,00						16,00					
Notes :											
qc		=	Cone Resistance								
qc + F		=	Cone Resistance + Sleeve Resistance								
LF		=	Local Friction								
FR		=	Friction Ratio								
TF		=	Total Friction								

Tabel 4. 8 Grafik Hasil Sondir Titik 2



4.2.2 Grafik Robertson dan Campanella

Tabel 4. 9 Grafik hubungan q_c dan F_r menurut Robertson dan Campanella



Dalam mengklasifikasikan jenis tanah, salah satu metode yang cukup banyak digunakan adalah klasifikasi berdasarkan Robertson (1986). Metode ini dilakukan dengan memplotkan nilai tahanan konus (q_c) terhadap *friction ratio* (F_r) pada diagram khusus (lihat Gambar 4.5). Hasil plot tersebut akan menunjukkan jenis tanah yang terdapat di lokasi pengujian.

Sebelum proses pemetaan dilakukan, nilai q_c yang semula dalam satuan kg/cm^2 perlu dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan MPa (megapascal). Konversi ini mengacu pada keterangan dari Robertson (1990), di mana 1 kg/cm^2 setara dengan $0,0980665 \text{ MPa}$ atau $98,0665 \text{ kPa}$. Setelah nilai dikonversi, data dapat diplot pada grafik klasifikasi Robertson untuk menentukan karakteristik tanah di area pengujian sondir.

Metode ini memberikan gambaran visual yang cukup jelas mengenai tipe tanah, mulai dari pasir, lanau, hingga lempung, sehingga sangat membantu dalam pengambilan keputusan teknis pada tahap perencanaan fondasi atau konstruksi bawah tanah.

Tabel berikut menyajikan hasil klasifikasi tanah yang diperoleh dari pemetaan nilai tahanan konus (q_c) dan *friction ratio* (Fr) berdasarkan data sondir.

- Titik Sondir 1 (A)

Depth	q_c	q_c	Fr	Jenis Tanah	E	Angka Poison
m	Kg/cm ²	MPa	%		kN	μ
1,0	25,0	2,45	6,0	Gambut	380 – 3472	0,15 – 0,25
2,0	35,0	3,43	2,9	Lempung berlanau	3865 - 13200	0,20 – 0,50
3,0	83,0	8,13	1,4	Lanau berpasir	3865 - 13200	0,20 – 0,40
4,0	130,0	12,74	1,5	Lanau berpasir	3865 - 13200	0,20 – 0,40
4,2	235,0	23,03	0,6	Pasir berlanau	10350 - 27600	0,20 – 0,40

- Titik Sondir 2 (B)

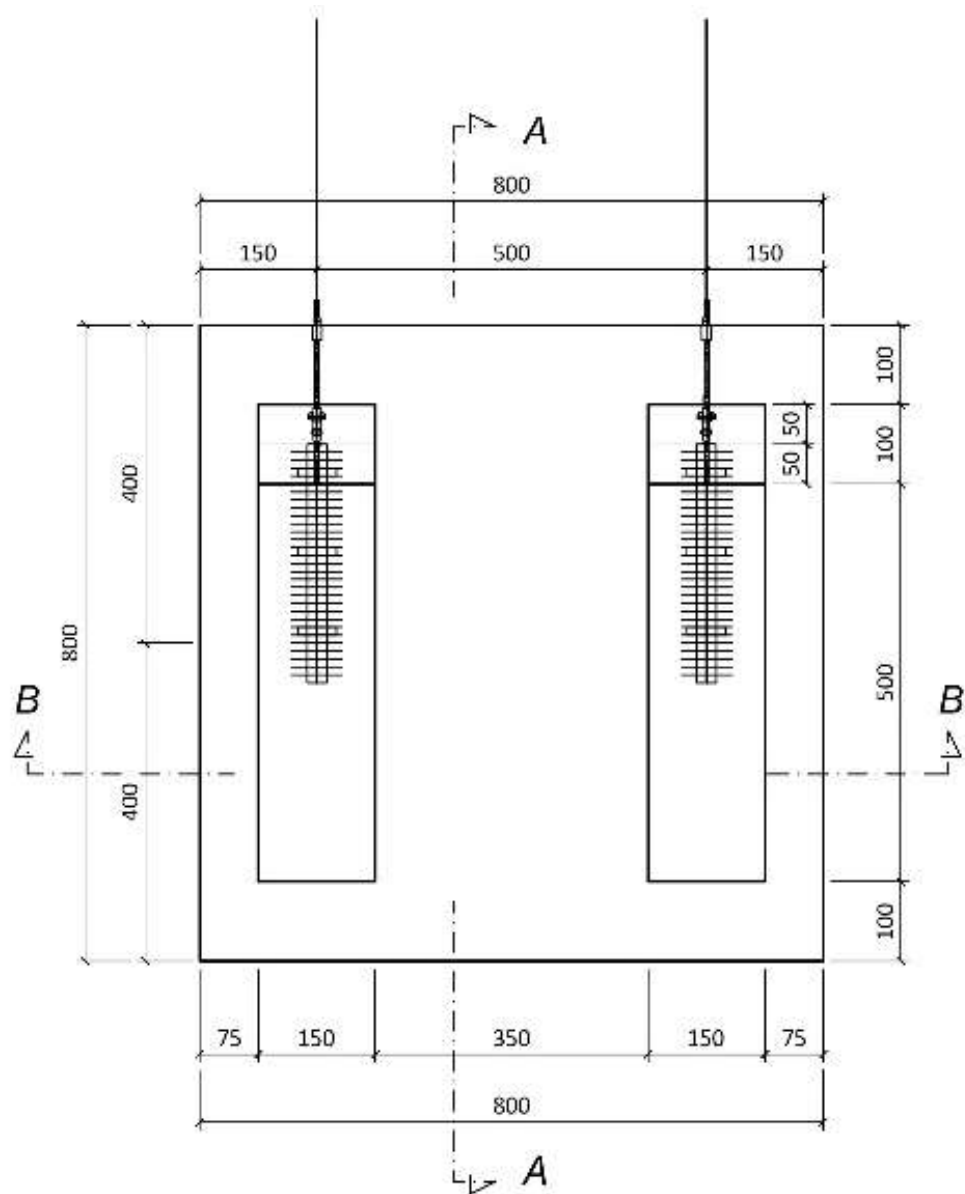
Depth	q_c	q_c	Fr	Jenis Tanah	E	Angka Poison
m	Kg/cm ²	MPa	%		kN	μ
1,0	40,0	3,92	3,8	Gambut	380 – 3472	0,15 – 0,25
2,0	110,0	10,78	0,9	Lanau berpasir	3865 - 13200	0,20 – 0,40
2,6	235,0	23,03	0,6	Pasir berlanau	10350 - 27600	0,20 – 0,40

4.3 Preliminary Desain

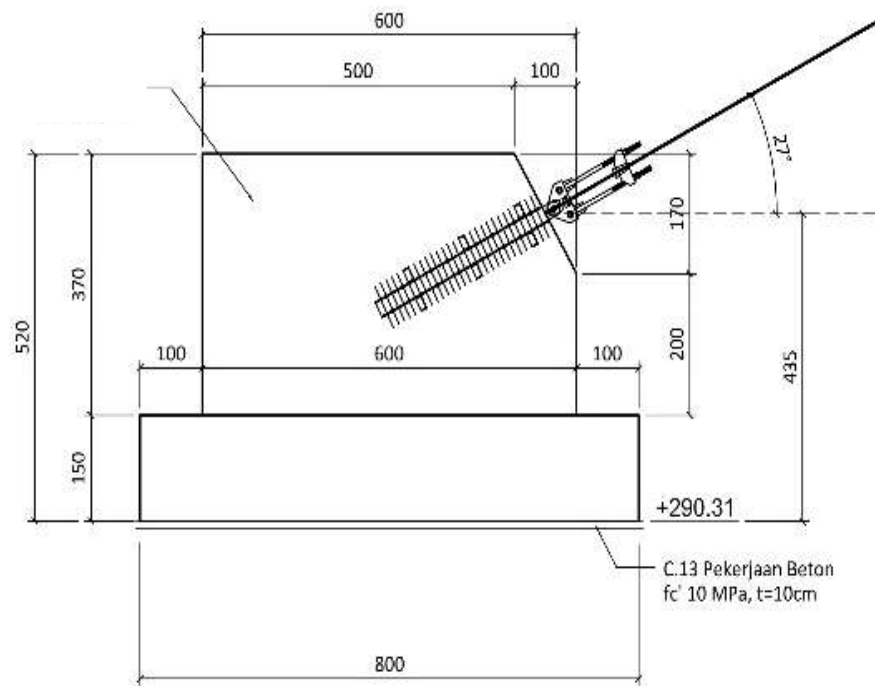
4.3.1 Blok Angkur

- Jenis Fondasi : Fondasi Langsung
- Material yang digunakan : Beton Bertulang
- Mutu Material
 - Beton : f_c 30 Mpa
 - Baja Tulangan : BJTS 420 A
- SF Stabilitas geser dan Guling
 - 1,5 untuk kombinasi Layan
 - 1,1 untuk kombinasi Ekstrim

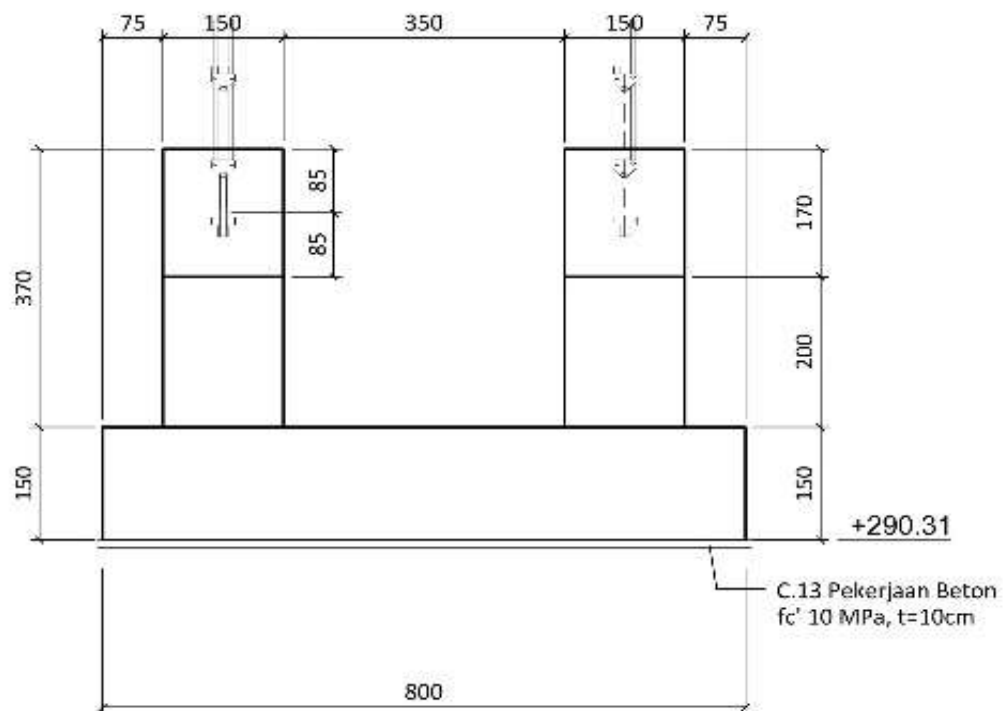
➤ Detail Dimensi



Gambar 4.3 Blok Angkur Tampak Atas



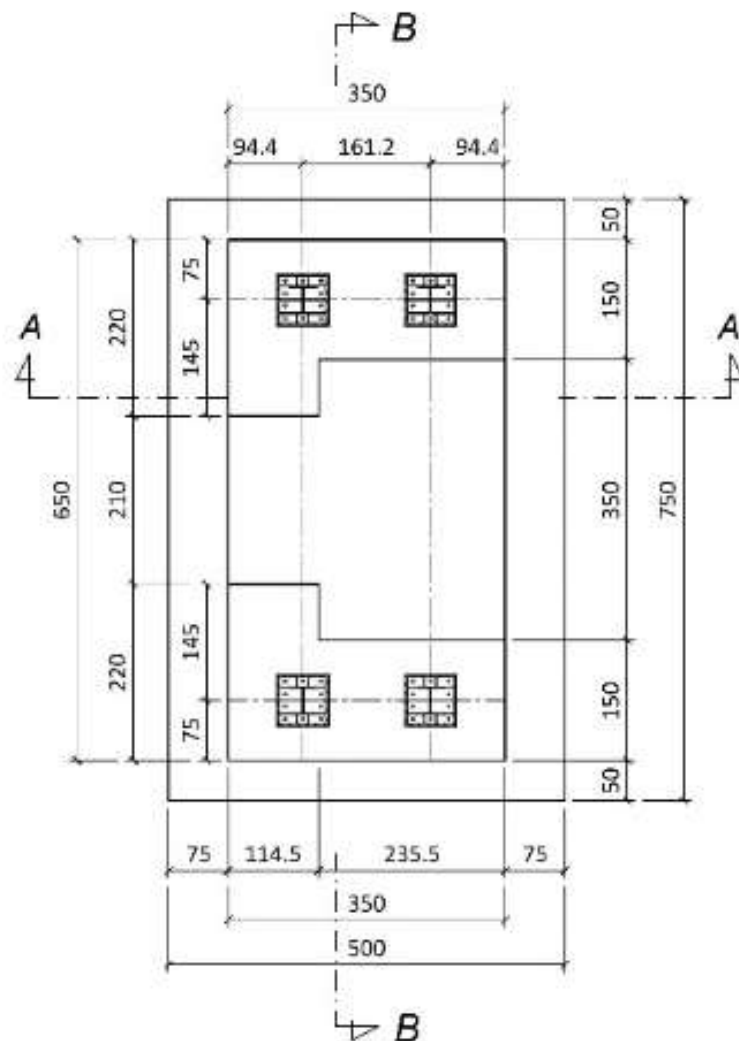
Gambar 4. 4 Potongan A-A (Blok Angkur)



Gambar 4. 5 Potongan B-B (Blok Angkur)

4.3.2 Kaki Pylon

- Jenis Fondasi : Fondasi Langsung
- Material yang digunakan : Beton Bertulang
- Mutu Material
 - Beton : f_c 30 Mpa
 - Baja Tulangan : BJTS 420 A
- SF Stabilitas geser dan Guling
 - 1,5 untuk kombinasi Layan
 - 1,1 untuk kombinasi Ekstrim
- Detail Dimensi



Gambar 4. 6 Kaki Pylon Tampak Atas

4.4 Desain Bangunan Bawah

4.4.1 Blok Angkur A

4.4.1.1 Desain Blok Angkur A

- **Informasi Data**

Bentang Jembatan Gantung (Tipe Simetris) : 60 meter

- **Data Teknis**

Gaya Vertikal (V) $2 \times V = 2 \times 216,11 = 432,22 \text{ kN}$

Gaya Horizontal Memanjang (Hx) $2 \times Hx = 2 \times 406,32 = 812,64 \text{ kN}$

- **Data Tanah**

1 rad = 57,295326°

Berat Jenis Tanah $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$

Sudut Geser Tanah $\phi = 40,00^\circ$

Kohesi $c = 0,00 \text{ kN/m}^2$

Tekanan Tanah Aktif ($K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) = 0,436 \text{ rad}$)

$K_a = 0,217$

Tekanan Tanah Pasif ($K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = 1,134 \text{ rad}$)

$K_p = 4,599$

- **Specific gravity**

Berat Beton Bertulang $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

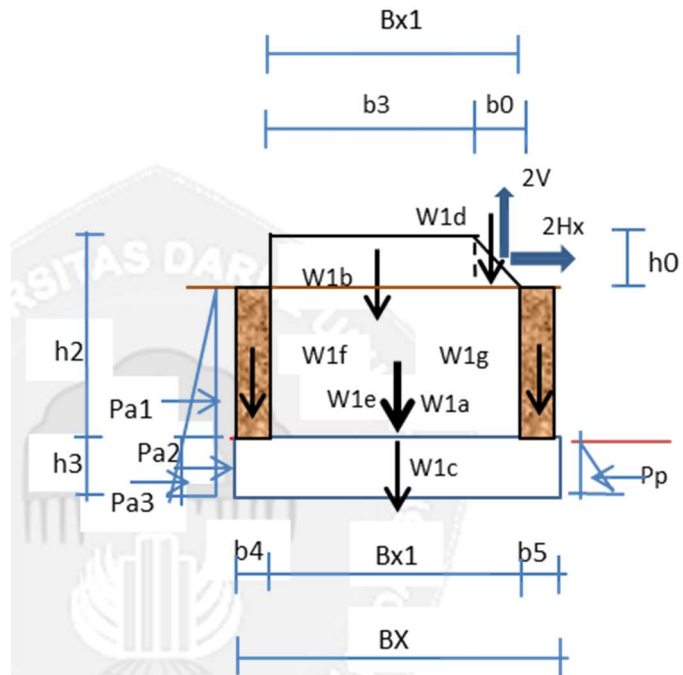
Berat Beton Tidak Bertulang $\gamma_{cl} = 24 \text{ kN/m}^3$

Berat Pasangan Batu $\gamma_{pb} = 22 \text{ kN/m}^3$

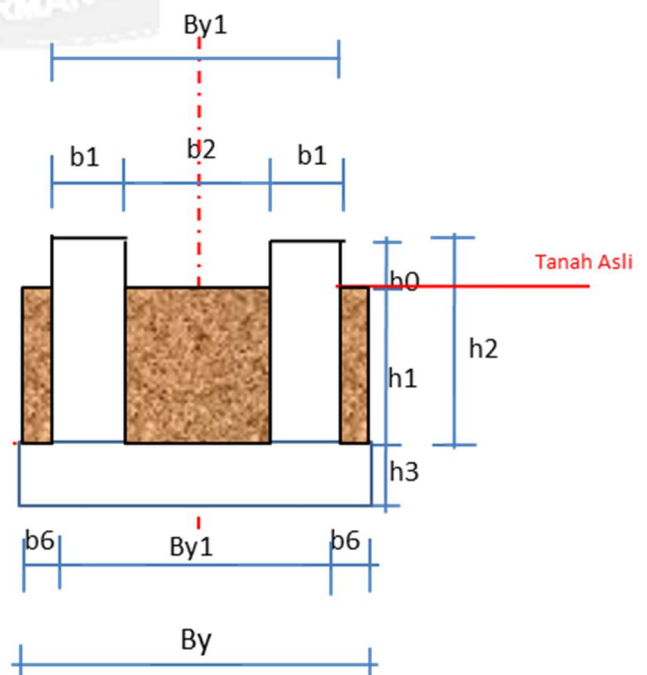
- **Analisis Beban**

Dimensi Blok Angkur A

$h_0 = 1,70 \text{ m}$
 $h_1 = 2,00 \text{ m}$
 $h_2 = 3,70 \text{ m}$
 $h_3 = 2,00 \text{ m}$
 $h_a = 4,00 \text{ m}$
 $h_p = 2,00 \text{ m}$
 $b_0 = 1,00 \text{ m}$
 $b_1 = 1,50 \text{ m}$
 $b_2 = 3,50 \text{ m}$
 $b_3 = 5,00 \text{ m}$
 $b_4 = 1,00 \text{ m}$
 $b_5 = 1,00 \text{ m}$
 $b_6 = 0,50 \text{ m}$
 $By_1 = 6,50 \text{ m}$
 $By = 7,50 \text{ m}$
 $Bx_1 = 6,00 \text{ m}$
 $Bx = 8,00 \text{ m}$



Gambar 4. 9 Potongan A-A (Dimensi Blok Angkur A)



Gambar 4. 10 Potongan B-B (Dimensi Blok Angkur A)

4.4.1.2 Tabel Gaya dan Momen

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

NO	URAIAN	Direct	GAYA	LENGAN	MOMEN
			TON	MOMEN	TON.M
I	Berat Blok Angkur				
	W1a =	1	900	4	3600
	W1b =	1	637,5	4,5	2868,75
	W1c =	1	3000	4	12000
	W1d =	1	63,75	1,66666667	106,25
	W1e =	1	204	1,66666667	340
	W1f =	1	153	7,5	1147,5
	W1g =	1	153	0,5	76,5
	Jumlah		5111,25		20139
II	Tekanan Tanah				
	Pa1 =	-1	-22,17957	2,66666667	-59,14552
	Pa2 =	-1	-110,8978	1	-110,8978
	Pa3 =	-1	-55,44892	0,66666667	-36,96595
	Jumlah		-188,5263		-207,0093
	Pp =	1	1172,777	0,66666667	781,85136
	Jumlah		1172,777		781,85136
III	Reaksi Pada Pilar				
	Vertikal				
	V	-1	-432,22	1,5	-648,33
			-432,22		-648,33
	Horisontal				
	HTX	-1	-812,64	4,85	-3941,304
			-812,64		-3941,304
IV	Tekanan Tanah Dinamis				
	Aktif	-1	-498,0582	2,66666667	-1328,155
	Pasif	1	124,5145	1,33333333	166,01939
	Jumlah		-373,5436		-1162,136
v	Beban Gempa Statik Ekuivalen				
	Eq1	-1	-648	3	-1944
	Eq2	-1	-459	4,85	-2226,15
	Eq3	-1	-2160	1	-2160
	Eq4	-1	-45,9	4,56666667	-209,61
			-3312,9		-6539,76

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

NO	URAIAN	Direct	GAYA	LENGAN	MOMEN
			TON	MOMEN	TON.M
I	Berat Blok Angkur				
	W1a =	1	900	0	0
	W1b =	1	637,5	0,5	318,75
	W1c =	1	3000	0	0
	W1d =	-1	63,75	2,333333	-148,75
	W1e =	1	204	0	0
	W1f =	1	153	3,5	535,5
	W1g =	-1	153	3,5	-535,5
	Jumlah		5111,25		170
II	Tekanan Tanah				
	Pa1 =	-1	-22,1796	2,666667	-59,14552
	Pa2 =	-1	-110,898	1	-110,8978
	Pa3 =	-1	-55,4489	0,666667	-36,96595
	Jumlah		-188,526		-207,0093
	Pp =	1	1172,777	0,666667	781,85136
	Jumlah		1172,777		781,85136
III	Reaksi Pada Pilar				
	Vertikal				
	V	1	432,22	3	1296,66
			432,22		1296,66
	Horisontal				
	HTX	-1	-812,64	4,85	-3941,304
			-812,64		-3941,304
IV	Tekanan Tanah Dinamis				
	Aktif	-1	-498,058	2,666667	-1328,155
	Pasif	1	124,5145	1,333333	166,01939
			-373,544		-1162,136
v	Beban Gempa Statik Ekuivalen				
	Eq1	-1	-648	3	-1944
	Eq2	-1	-459	4,85	-2226,15
	Eq3	-1	-2160	1	-2160
	Eq4	-1	-45,9	4,566667	-209,61
			-3312,9		-6539,76

4.4.1.3 Rekap beban Kerja

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

REKAP BEBAN KERJA		Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	5111,250				20139,000
2.a	Aktif		-188,526		-207,009	
2.b	Pasif			1172,777		781,851
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	-432,22			-648,330	
4	Reaksi horisontal Phylon pada Pondasi		-812,640		-3941,304	
7	Tek. Tanah Dinamis					
	Aktif		-498,0582		-1328,1551	
	Pasif			124,515		166,01939
8	Beban Gempa Statik Ekuivalen		-3312,9		-6539,76	

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

REKAP BEBAN KERJA		Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	5111,250				170,000
2.a	Aktif		-188,526		-207,009	
2.b	Pasif			1172,777		781,851
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	432,22			1296,660	
4	Reaksi horisontal Phylon pada Pondasi		-812,640		-3941,3	
7	Tek. Tanah Dinamis					
	Aktif		-498,058		-1328,155	
	Pasif		0,000	124,515		166,019
8	Beban Gempa Statik Ekuivalen		-3312,9		-6539,76	

4.4.1.4 Kombinasi Beban

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

KOMBINASI LAYAN I			Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	Faktor beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	1	5111,250				20139,000
2.a	Tekanan Tanah Aktif	1		-188,526		-207,009	
2.b	Tekanan Tanah Pasif	1			1172,77704		781,851
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1	-432,22			-648,330	
4	Reaksi horisontal Phylon pada Pondasi	1		-812,640		-3941,304	
			4679,030	-1001,166	1172,77704	-4796,643	20920,851

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

KOMBINASI LAYAN I			Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	Faktor beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	1	5111,250				170,000
2.a	Tekanan Tanah Aktif	1		-188,526		-207,009	
2.b	Tekanan Tanah Pasif	1			1172,777		781,851
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1	432,22			1296,660	
4	Reaksi horisontal Phylon pada Pondasi	1		-812,640		-3941,304	
			5543,470	-1001,166	1172,777	-2851,653	951,851

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

KOMBINASI EKSTRIM I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan	KOMBINASI EKSTRIM I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	Faktor beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x	No	Aksi/Beban	Faktor beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)				(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1,3	6644,625				26180,700	1	Berat Pondasi	1,3	6644,625				221,000
2.a	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1,4	-605,108			-907,662		2.a	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1,4	605,108			1815,324	
2.b	Reaksi horizontal Phylon pada Pondasi	1,4		-1137,696		-5517,826		2.b	Reaksi horizontal Phylon pada Pondasi	1,4		-1137,696		-5517,826	
3	Tek. Tanah Dinamis	1,25			0,000		0	3	Tek. Tanah Dinamis	1,25		0,000		0	
4	Beban Gempa Statik Ekuivalen	1		-3312,900		-6539,76		4	Beban Gempa Statik Ekuivalen	1		-3312,900		-6539,76	
			6039,517	-4450,596	0	-12965,248	26180,700				7249,733	-4450,596	0	-10242,262	221,000

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

REKAPITULASI KOMBINASI BEBAN		Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
4	EKSTRIM I	6039,517	-4450,596	0,000	-12965,248	26180,700
5	LAYAN I	4679,030	-1001,166	1172,777	-4796,643	20920,851

REKAPITULASI KOMBINASI BEBAN		Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan	Selish Momen
No	Aksi/Beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x	ΔM
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
4	EKSTRIM I	7249,733	-4450,596	0,000	-10242,262	221,000	-10021,262
5	LAYAN I	5543,470	-1001,166	1172,777	-2851,653	951,851	-1899,802

4.4.1.5 Daya Dukung Axial Ijin Tanah

$$q_{ult} = 1,3 * C * N_c + \gamma * H * N_q + 0,6 * \gamma * B * N_\gamma$$

H = kedalaman pondasi

H = 4,00 m

B = Lebar pondasi

By = 7,50 m

Parameter tanah di dasar pondasi

γ = berat volume tanah

γ = 17,0 kN/m²

ϕ = Sudut gesek dalam

ϕ = 40,0 °

C = Kohesi

C = 0,0 kN/m²

Faktor daya dukung menurut Therzagi

Nc =	95,70	
Nq =	81,3	
N γ =	100,4	
qult =	13209	kN/m ²
SF =	2	
qa = qult/SF =	6604,5	kN/m ²
qa =	6604,5	kN/m ²

Φ	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	2.5
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	22.5	19.7
34	52.6	36.5	35.0
35	57.8	41.4	42.4
40	95.7	81.3	100.4
45	172.3	173.3	297.5
48	258.3	287.9	780.1
50	347.6	415.1	1153.2

4.4.1.6 Kontrol Tegangan Tanah Dasar Fondasi

Tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi :

Untuk nilai $e = M / P \leq b_x / 6$:

$$f_{max} = P / (b_x * b_y) + 6 * M / (b_y * b_x^2)$$

$$f_{min} = P / (b_x * b_y) - 6 * M / (b_y * b_x^2)$$

Untuk nilai $e = M / P \geq b_x / 6$

$$f_{max} = 2/3 * P_{tot} / [b_y * (b_x / 2 - e)]$$

$$f_{min} = 0$$

$$b_x = 8 \text{ m}$$

$$b_y = 7,5 \text{ m}$$

$$b_x/6 = 1,333333333 \text{ m}$$

Tegangan tanah yang terjadi :

KOMBINASI	P	ΔM	$e = M/P_{tot}$	Kontrol	f_{max}	f_{min}	Ket.
BEBAN	(kN)	(kN.m)	(m)	e	kN/m ²	kN/m ²	
EKSTRIM I	7249,733	10021,262	1,382	$>Bx/6$	246,178	-4,437	aman(ok)
LAYAN I	5543,470	1899,802	0,343	$<Bx/6$	116,139	68,644	aman(ok)

4.4.1.7 Kontrol Stabilitas

Sudut geser dalam

$$\phi = 40^\circ \quad 1 \text{ rad} = 57,29533 \quad 45^\circ = 0,785404$$

$$\phi = 0,698 \text{ rad}$$

Kohesi

$$C = 0 \text{ kN/m}^2$$

Ukuran dasar pondasi

$$b_x = 8,00 \text{ m}$$

$$b_y = 7,50 \text{ m}$$

Tekanan tanah aktif akibat beban vertikal

$$Q = P_{tot} / (b_x * b_y)$$

a. Stabilitas Guling

M_x = momen penyebab guling arah x

M_{px} = Momen penahan guling

Angka aman terhadap guling :

$$SF = M_{px} / M_x \geq 1,5$$

$$SF_{gempa} \geq 1,1$$

STABILITAS GULING

KOMBINASI	P_{tot}	M_x	M_{px}	SF	Ket
BEBAN	(kN)	(kNm)	(kNm)		
EKSTRIM I	6039,5	12965,248	26180,7	2,019	(ok)
LAYAN I	4679,0	4796,643	20920,9	4,362	$> 1,5$ (ok)

b. Kontrol Stabilitas Geser

Sudut geser, $\phi = 40^\circ$

Kohesi, $C = 0 \text{ kPa}$

$$\phi = 0,698 \text{ rad}$$

$$45^\circ = 0,785 \text{ rad}$$

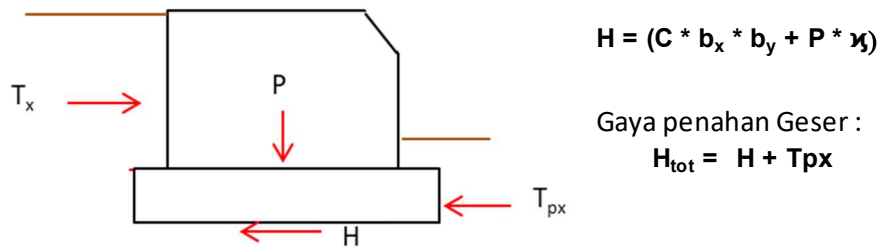
$$\text{Koefesien gesek, } \alpha = \tan \Phi = 0,839099631$$

Ukuran dasar Pile-cap :

$$b_x = 6,00 \text{ m}$$

$$b_y = 7,50 \text{ m}$$

$$T_x = \text{gaya penyebab geser}$$



STABILITAS GESER						SF = H_{tot} / T_x ≥ 1,5	
						SF_gempa = ≥ 1,1	
No	T_x (kN)	P (kN)	H (kN)	T_{px} (kN)	H_{tot} (kN)	SF	Ket
EKSTRIM I	4450,596	6039,517	5067,756	0,000	5067,756	1,139	>(ok)
LAYAN I	1001,166	4679,030	3926,172	1172,777	5098,949	5,093	>1,5 (ok)

4.4.2 Blok Angkur B

4.4.2.1 Desain Blok Angkur B

- Informasi Data**

Bentang Jembatan Gantung (Tipe Simetris) : 60 meter

- Data Teknis**

Gaya Vertikal (V) $2 \times V = 2 \times 216,11 = 432,22 \text{ kN}$

Gaya Horizontal Memanjang (Hx) $2 \times H_x = 2 \times 406,32 = 812,64 \text{ kN}$

- Data Tanah**

1 rad = 57,295326°

Berat Jenis Tanah $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$

Sudut Geser Tanah $\phi = 40,00^\circ$

Kohesi $c = 0,00 \text{ kN/m}^2$

Tekanan Tanah Aktif ($K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) = 0,436 \text{ rad}$)

$K_a = 0,217$

Tekanan Tanah Pasif ($K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = 1,134 \text{ rad}$)

$K_p = 4,599$

- Specific gravity**

Berat Beton Bertulang $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

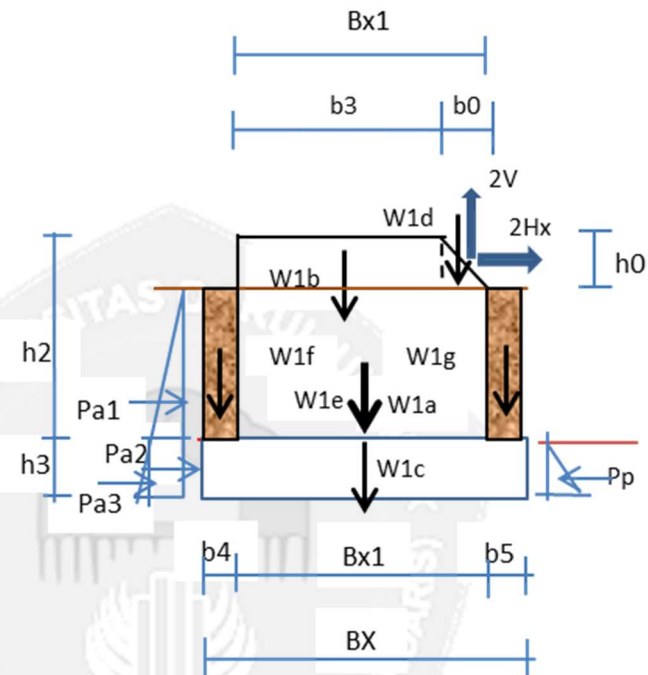
Berat Beton Tidak Bertulang $\gamma_{cl} = 24 \text{ kN/m}^3$

Berat Pasangan Batu $\gamma_{pb} = 22 \text{ kN/m}^3$

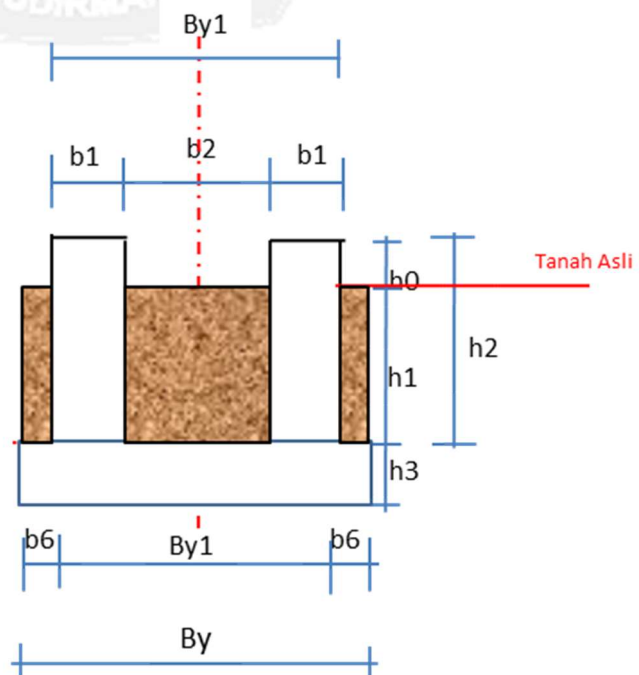
- **Analisis Beban**

Dimensi Blok Angkur B

$h_0 = 1,70 \text{ m}$
 $h_1 = 2,00 \text{ m}$
 $h_2 = 3,70 \text{ m}$
 $h_3 = 2,00 \text{ m}$
 $h_a = 4,00 \text{ m}$
 $h_p = 2,00 \text{ m}$
 $b_0 = 1,00 \text{ m}$
 $b_1 = 1,50 \text{ m}$
 $b_2 = 3,50 \text{ m}$
 $b_3 = 5,00 \text{ m}$
 $b_4 = 1,00 \text{ m}$
 $b_5 = 1,00 \text{ m}$
 $b_6 = 0,50 \text{ m}$
 $By_1 = 6,50 \text{ m}$
 $By = 7,50 \text{ m}$
 $Bx_1 = 6,00 \text{ m}$
 $Bx = 8,00 \text{ m}$



Gambar 4. 11 Potongan A-A (Dimensi Blok Angkur B)



Gambar 4. 12 Potongan B-B (Dimensi Blok Angkur B)

4.4.2.2 Tabel Gaya dan Momen

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

NO	URAIAN	Direct	GAYA TON	LENGAN MOMEN	MOMEN TON.M
I	Berat Blok Angkur				
	W1a =	1	900	4	3600
	W1b =	1	637,5	4,5	2868,75
	W1c =	1	3000	4	12000
	W1d =	1	63,75	1,66666667	106,25
	W1e =	1	204	1,66666667	340
	W1f =	1	153	7,5	1147,5
	W1g =	1	153	0,5	76,5
	Jumlah		5111,25		20139
II	Tekanan Tanah				
	Pa1 =	-1	-22,17957	2,66666667	-59,14552
	Pa2 =	-1	-110,8978	1	-110,8978
	Pa3 =	-1	-55,44892	0,66666667	-36,96595
	Jumlah		-188,5263		-207,0093
	Pp =	1	1172,777	0,66666667	781,85136
	Jumlah		1172,777		781,85136
III	Reaksi Pada Pilar				
	Vertikal				
	V	-1	-432,22	1,5	-648,33
			-432,22		-648,33
	Horisontal				
	HTX	-1	-812,64	4,85	-3941,304
			-812,64		-3941,304
IV	Tekanan Tanah Dinamis				
	Aktif	-1	-498,0582	2,66666667	-1328,155
	Pasif	1	124,5145	1,33333333	166,01939
	Jumlah		-373,5436		-1162,136
v	Beban Gempa Statik Ekuivalen				
	Eq1	-1	-648	3	-1944
	Eq2	-1	-459	4,85	-2226,15
	Eq3	-1	-2160	1	-2160
	Eq4	-1	-45,9	4,56666667	-209,61
			-3312,9		-6539,76

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

NO	URAIAN	Direct	GAYA TON	LENGAN MOMEN	MOMEN TON.M
I	Berat Blok Angkur				
	W1a =	1	900	0	0
	W1b =	1	637,5	0,5	318,75
	W1c =	1	3000	0	0
	W1d =	-1	63,75	2,33333333	-148,75
	W1e =	1	204	0	0
	W1f =	1	153	3,5	535,5
	W1g =	-1	153	3,5	-535,5
	Jumlah		5111,25		170
II	Tekanan Tanah				
	Pa1 =	-1	-22,1796	2,666667	-59,14552
	Pa2 =	-1	-110,898	1	-110,8978
	Pa3 =	-1	-55,4489	0,666667	-36,96595
	Jumlah		-188,526		-207,0093
	Pp =	1	1172,777	0,666667	781,85136
	Jumlah		1172,777		781,85136
III	Reaksi Pada Pilar				
	Vertikal				
	V	1	432,22	3	1296,66
			432,22		1296,66
	Horisontal				
	HTX	-1	-812,64	4,85	-3941,304
			-812,64		-3941,304
IV	Tekanan Tanah Dinamis				
	Aktif	-1	-498,058	2,666667	-1328,155
	Pasif	1	124,5145	1,333333	166,01939
			-373,544		-1162,136
v	Beban Gempa Statik Ekuivalen				
	Eq1	-1	-648	3	-1944
	Eq2	-1	-459	4,85	-2226,15
	Eq3	-1	-2160	1	-2160
	Eq4	-1	-45,9	4,566667	-209,61
			-3312,9		-6539,76

4.4.2.3 Rekap beban Kerja

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

REKAP BEBAN KERJA		Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	5111,250				20139,000
2.a	Aktif		-188,526		-207,009	
2.b	Pasif			1172,777		781,851
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	-432,22			-648,330	
4	Reaksi horizontal Phylon pada Pondasi		-812,640		-3941,304	
7	Tek. Tanah Dinamis					
	Aktif		-498,0582		-1328,1551	
	Pasif			124,515		166,01939
8	Beban Gempa Statik Ekuivalen		-3312,9		-6539,76	

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

REKAP BEBAN KERJA		Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	5111,250				170,000
2.a	Aktif		-188,526		-207,009	
2.b	Pasif			1172,777		781,851
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	432,22			1296,660	
4	Reaksi horizontal Phylon pada Pondasi		-812,640		-3941,3	
7	Tek. Tanah Dinamis					
	Aktif		-498,058		-1328,155	
	Pasif		0,000	124,515		166,019
8	Beban Gempa Statik Ekuivalen		-3312,9		-6539,76	

4.4.2.4 Kombinasi Beban

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

KOMBINASI LAYAN I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	Faktor beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	1	5111,250				20139,000
2.a	Tekanan Tanah Aktif	1		-188,526		-207,009	
2.b	Tekanan Tanah Pasif	1			1172,77704		781,851
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1	-432,22			-648,330	
4	Reaksi horizontal Phylon pada Pondasi	1		-812,640		-3941,304	
			4679,030	-1001,166	1172,77704	-4796,643	20920,851

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

KOMBINASI LAYAN I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	Faktor beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	1	5111,250				170,000
2.a	Tekanan Tanah Aktif	1		-188,526		-207,009	
2.b	Tekanan Tanah Pasif	1			1172,777		781,851
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1	432,22			1296,660	
4	Reaksi horizontal Phylon pada Pondasi	1		-812,640		-3941,304	
			5543,470	-1001,166	1172,777	-2851,653	951,851

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

KOMBINASI EKSTRIM I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	Faktor beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	1,3	6644,625				26180,700
2.a	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1,4	-605,108			-907,662	
2.b	Reaksi horizontal Phylon pada Pondasi	1,4		-1137,696		-5517,826	
3	Tek. Tanah Dinamis	1,25			0,000		0
4	Beban Gempa Statik Ekuivalen	1		-3312,900		-6539,76	
			6039,517	-4450,596	0	-12965,248	26180,700

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

KOMBINASI EKSTRIM I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	Faktor beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
1	Berat Pondasi	1,3	6644,625				221,000
2.a	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1,4	605,108			1815,324	
2.b	Reaksi horizontal Phylon pada Pondasi	1,4		-1137,696		-5517,826	
3	Tek. Tanah Dinamis	1,25		0,000		0	
4	Beban Gempa Statik Ekuivalen	1		-3312,900		-6539,76	
			7249,733	-4450,596	0	-10242,262	221,000

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

REKAPITULASI KOMBINASI BEBAN			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban		P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)
4	EKSTRIM I		6039,517	-4450,596	0,000	-12965,248	26180,700
5	LAYAN I		4679,030	-1001,166	1172,777	-4796,643	20920,851

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

REKAPITULASI KOMBINASI BEBAN			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan	Selish Momen
No	Aksi/Beban		P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	M _x (kNm)	MP _x (kNm)	ΔM (kNm)
4	EKSTRIM I		7249,733	-4450,596	0,000	-10242,262	221,000	-10021,262
5	LAYAN I		5543,470	-1001,166	1172,777	-2851,653	951,851	-1899,802

4.4.2.5 Daya Dukung Axial Ijin Tanah

$$q_{ult} = 1,3 * C * N_c + \gamma * H * N_q + 0,6 * \gamma * B * N_\gamma$$

H = kedalaman pondasi

H = 4,00 m

B = Lebar pondasi

By = 7,50 m

Parameter tanah di dasar pondasi

γ = berat volume tanah

γ = 17,0 kN/m²

ϕ = Sudut gesek dalam

ϕ = 40,0 °

C = Kohesi

C = 0,0 kN/m²

Faktor daya dukung menurut Therzagi

Nc =	95,70	
Nq =	81,3	
N γ =	100,4	
qult =	13209	kN/m ²
SF =	2	
qa = qult/SF =	6604,5	kN/m ²
qa =	6604,5	kN/m ²

ϕ	Nc	Nq	N γ
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	2.5
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	22.5	19.7
34	52.6	36.5	35.0
35	57.8	41.4	42.4
40	95.7	81.3	100.4
45	172.3	173.3	297.5
48	258.3	287.9	780.1
50	347.6	415.1	1153.2

4.4.2.6 Kontrol Tegangan Tanah Dasar Fondasi

Tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi :

Untuk nilai $e = M / P \leq b_x / 6$:

$$f_{max} = P / (b_x * b_y) + 6 * M / (b_y * b_x^2)$$

$$f_{min} = P / (b_x * b_y) - 6 * M / (b_y * b_x^2)$$

Untuk nilai $e = M / P \geq b_x / 6$

$$f_{max} = 2/3 * P_{tot} / [b_y * (b_x / 2 - e)]$$

$$f_{min} = 0$$

$$b_x = 8 \text{ m}$$

$$b_y = 7,5 \text{ m}$$

$$b_x/6 = 1,333333333 \text{ m}$$

Tegangan tanah yang terjadi :

KOMBINASI	P	ΔM	$e = M/P_{tot}$	Kontrol	f_{max}	f_{min}	Ket.
BEBAN	(kN)	(kN.m)	(m)	e	kN/m ²	kN/m ²	
EKSTRIM I	7249,733	10021,262	1,382	$>Bx/6$	246,178	-4,437	aman(ok)
LAYAN I	5543,470	1899,802	0,343	$<Bx/6$	116,139	68,644	aman(ok)

4.4.2.7 Kontrol Stabilitas

Sudut geser dalam

$$\phi = 40^\circ \quad 1 \text{ rad} = 57,29533 \quad 45^\circ = 0,785404$$

$$\phi = 0,698 \text{ rad}$$

Kohesi

$$C = 0 \text{ kN/m}^2$$

Ukuran dasar pondasi

$$b_x = 8,00 \text{ m}$$

$$b_y = 7,50 \text{ m}$$

Tekanan tanah aktif akibat beban vertikal

$$Q = P_{tot} / (b_x * b_y)$$

a. Stabilitas Guling

M_x = momen penyebab guling arah x

M_{px} = Momen penahan guling

Angka aman terhadap guling :

$$SF = M_{px} / M_x \geq 1,5$$

$$SF_{gempa} \geq 1,1$$

STABILITAS GULING

KOMBINASI	P_{tot}	M_x	M_{px}	SF	Ket
BEBAN	(kN)	(kNm)	(kNm)		
EKSTRIM I	6039,5	12965,248	26180,7	2,019	(ok)
LAYAN I	4679,0	4796,643	20920,9	4,362	$> 1,5$ (ok)

b. Kontrol Stabilitas Geser

Sudut geser, $\phi = 40^\circ$

Kohesi, $C = 0 \text{ kPa}$

$$\phi = 0,698 \text{ rad}$$

$$45^\circ = 0,785 \text{ rad}$$

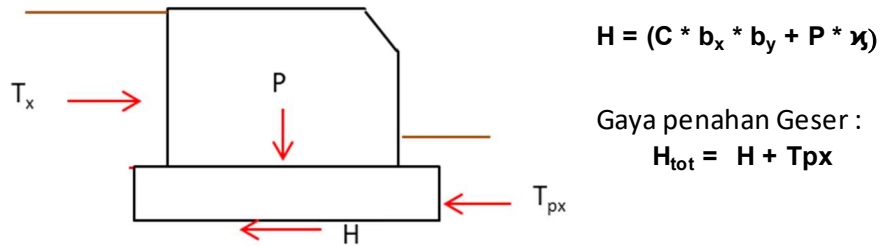
$$\text{Koefesien gesek, } \alpha = \tan \Phi = 0,839099631$$

Ukuran dasar Pile-cap :

$$b_x = 6,00 \text{ m}$$

$$b_y = 7,50 \text{ m}$$

$$T_x = \text{gaya penyebab geser}$$



STABILITAS GESER						SF = H_{tot} / T_x ≥ 1,5	
						SF_gempa = ≥ 1,1	
No	T_x (kN)	P (kN)	H (kN)	T_{px} (kN)	H_{tot} (kN)	SF	Ket
EKSTRIM I	4450,596	6039,517	5067,756	0,000	5067,756	1,139	>(ok)
LAYAN I	1001,166	4679,030	3926,172	1172,777	5098,949	5,093	>1,5 (ok)

4.4.3 Kaki Pylon A

4.4.3.1 Desain Kaki Pylon

- Informasi Data**

Bentang Jembatan Gantung (Tipe Simetris) : 60 meter

- Data Teknis**

Gaya Vertikal (V1)	$2 \times V1 =$	$2 \times 297,08 =$	594,16 kN (Tekan)
Gaya Vertikal (V2)	$2 \times V2 =$	$2 \times 322,22 =$	644,44 kN (Tekan)
Gaya Horizontal Memanjang (Hx)	$2 \times Hx =$	$2 \times 30,26 =$	60,52 kN
Momen (My)	$2 \times My =$	$2 \times 3,72 =$	7,44 kN.m
	$2 \times Mx =$	$2 \times 11,88 =$	23,76 kN.m
	$2 \times Hy =$	$2 \times 1,71 =$	3,42 kN

- Data Tanah**

1 rad = 57,295326°

Berat Jenis Tanah $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$

Sudut Geser Tanah $\phi = 40,00^\circ$

Kohesi $c = 0,0 \text{ kN/m}^2$

Tekanan Tanah Aktif ($K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) = 0,4369 \text{ rad}$)

$K_a = 0,217$

Tekanan Tanah Pasif ($K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = 1,134 \text{ rad}$)

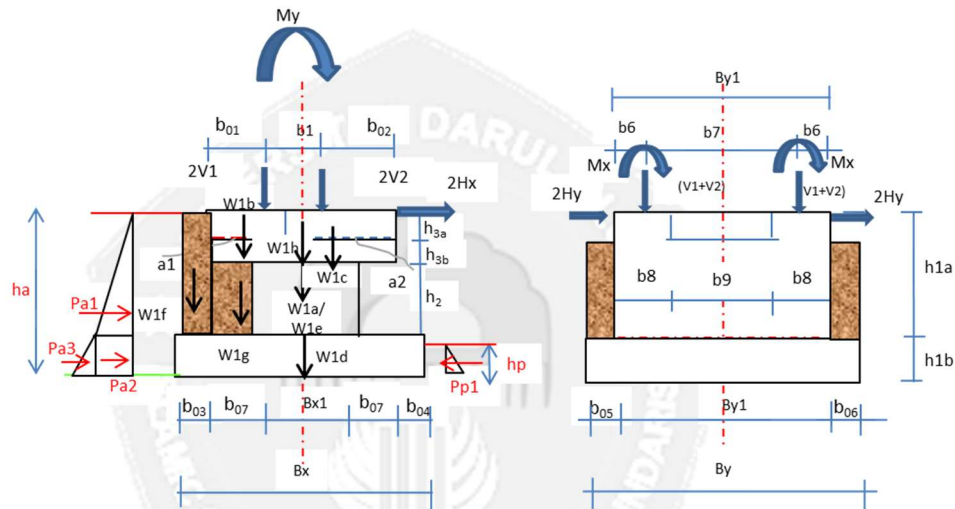
- **Specific gravity**

Berat Beton Bertulang $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

Berat Beton Tidak Bertulang $\gamma_{c1} = 24 \text{ kN/m}^3$

Berat Pasangan Batu $\gamma_{pb} = 22 \text{ kN/m}^3$

- **Analisis Beban**



Gambar 4. 13 Dimensi Kaki Pylon A

$h_{1a} =$	2,6	m	$b_6 =$	0,75	m
$h_{1b} =$	0,4	m	$b_7 =$	5	m
$h_2 =$	1,1	m	$b_8 =$	1,5	m
$h_{3a} =$	0,6	m	$b_9 =$	3,5	m
$h_{3b} =$	0,9	m	$a_1 =$	1,4	m
$h_a =$	3,00	m	$a_2 =$	3,6	m
$h_p =$	0,4	m	$B_{y1} =$	6,5	m
$b_{01} =$	1,19	m	$B_y =$	7,5	m
$b_{02} =$	2,2	m	$B_{x1} =$	3	m
$b_1 =$	1,61	m	$B_x =$	6	m
$b_{03} =$	0,5	m			
$b_{04} =$	0,5	m			
$b_{05} =$	0,5	m			
$b_{06} =$	0,5	m			
$b_{07} =$	1	m			

4.4.3.2 Tabel Gaya dan Momen

TABEL GAYA DAN MOMEN Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O)

NO	URAIAN	Direct	GAYA TON	LENGAN M	MOMEN TON.M
I	Berat Pondasi				
	W1a =	1	536,25	2	1072,5
	W1b =	1	136,5	2,8	382,2
	W1c =	1	162	2,3	372,6
	W1d =	1	450	3	1350
	W1e =	1	86,7	2	173,4
	W1f =	1	165,75	3,75	621,5625
	W1g =	1	221	5	1105
	W1h =	1	731,25	2	1462,5
	Jumlah		2489,45		6539,7625
II	Tekanan Tanah				
	Pa1 =	-1	-81,214188	1,266667	-102,8713
	Pa2 =	-1	-28,83344	0,2	-5,766688
	Pa3 =	-1	-2,2179569	0,133333	-0,295728
	Jumlah		-112,26558		-108,9337
	Pp =	1	46,911081	0,133333	6,2548109
	Jumlah		46,911081		6,2548109
III	Reaksi Pada Pilar				
	Vertikal				
	2V1	1	594,16	4,31	2560,8296
	2V2	1	644,44	2,7	1739,988
	Jumlah		1238,6		4300,8176
	Horisontal				
	Hx	-1	-60,52	3	-181,56
	Jumlah		-60,52		-181,56
	Hy	-1	-3,42	3	-10,26
	Jumlah				-10,26
	Momen				
	My	-1			-7,44
	Jumlah				-7,44
	Mx	-1			-23,76
	Jumlah				-23,76
IV	Tekanan Tanah Dinamis				
	Aktif, Eae	-1	-242,80336	2	-485,6067
	Pasif, Epe	1	4,3165042	0,266667	1,1510678
	Jumlah		-238,48685		-484,4556
V	Beban Gempa Statik Ekvivalen				
	Eq1a	-1	-386,1	1,4	-540,54
	Eq1b	-1	-98,28	2,7	-265,356
	Eq1c	-1	-116,64	2,7	-314,928
	Eq1d	-1	-324	0,2	-64,8
	Jumlah		-925,02		-1185,624

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

NO	URAIAN	Direct	GAYA TON	LENGAN M	MOMEN TON.M
I	Berat Pondasi				
	W1a =	1	536,25	0	0
	W1b =	1	136,5	0,8	109,2
	W1c =	-1	162	1,2	-194,4
	W1d =	1	450	0	0
	W1e =	1	86,7	0	0
	W1f =	1	165,75	2,75	455,8125
	W1g =	1	221	2	442
	W1g =	1	731,25	0	0
	Jumlah		2489,45		812,6125
II	Tekanan Tanah				
	Pa1 =	-1	-81,2142	1,266667	-102,871
	Pa2 =	-1	-28,8334	0,2	-5,76669
	Pa3 =	-1	-2,21796	0,133333	-0,29573
	Jumlah		-112,266		-108,934
	Pp =	1	46,91108	0,133333	6,254811
	Jumlah		46,91108		6,254811
III	Reaksi Pada Pilar				
	Vertikal				
	2V1	1	594,16	0,805	478,2988
	2V2	-1	644,44	-0,805	-518,774
	Jumlah		1238,6		-40,4754
	Horisontal				
	Hx	-1	-60,52	3	-181,56
	Jumlah		-60,52		-181,56
	Hy	-1	-3,42	3	-10,26
	Jumlah				-10,26
	Momen				
	My	-1			-7,44
	Jumlah				-7,44
	Mx	-1			-23,76
	Jumlah				-23,76
IV	Tekanan Tanah Dinamis				
	Aktif, Eae	-1	-242,803	2	-485,607
	Pasif, Epe	1	4,316504	0,266667	1,151068
	Jumlah		-238,487		-484,456
V	Beban Gempa Statik Ekvivalen				
	Eq1a	-1	-386,1	1,4	-540,54
	Eq1b	-1	-98,28	2,7	-265,356
	Eq1c	-1	-116,64	2,7	-314,928
	Eq1d	-1	-324	0,2	-64,8
	Jumlah		-925,02		-1185,62

4.4.3.3 Rekap Beban Kerja

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

REKAP BEBAN KERJA		Vertikal	Horisontal				M. Guling
No	Aksi/Beban	P	T _x	T _{px}	T _y	H _y	M _x
		(kN)	(kN)	(kN)			(kNm)
1	Berat Pondasi	2489,450					
2.a	Tekanan Tanah Aktif		-112,266				-108,934
2.b	Tekanan Tanah Pasif			46,91108			
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1238,6					
4	Reaksi horisontal Phylon pada Pondasi		-60,520				-181,56
5	Momen						-7,44
6	Tek. Tanah Dinamis		-238,487				-484,45565
7	Beban Gempa Statik Ekuivalen		-925,020				-1185,624
8	My						
9	Hy				-3,42		

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

REKAP BEBAN KERJA		Vertikal	Horisontal				M. Guling		M. Penahan	
No	Aksi/Beban	P	T _x	T _{px}	T _y	H _y	M _x	M _y	MP _x	MP _y
		(kN)	(kN)	(kN)			(kNm)		(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	2489,450							812,613	
2.a	Tekanan Tanah Aktif		-112,266				-108,934			
2.b	Tekanan Tanah Pasif			46,91108					6,255	
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1238,6					-40,475			
4	Reaksi horisontal Phylon pada Pondasi		-60,520				-181,56			
5	Momen						-7,44			
6	Tek. Tanah Dinamis		0,000				-484,456			
7	Beban Gempa Statik Ekuivalen		-925,020				-1185,62			
7	My							-23,76		
8	Hy				-3,42			-10,26		

4.4.3.4 Kombinasi Beban

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

KOMBINASI EKSTRIM I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1,3	3236,285				8501,691
2.a	Reaksi vertikal Phyl	1,4	1734,04				6021,145
2.b	Reaksi horizontal P	1,4		-84,728		-254,184	
3	Momen	1,4				-10,416	
5	Tek. Tanah Dinamis	1,25		-298,109		-605,56956	
6	Beban Gempa Statik	1		-925,020		-1185,624	
			4970,325	-1307,857	0	-2055,794	14522,836

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

KOMBINASI EKSTRIM I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1,3	3236,285				1056,396
2.a	Reaksi vertikal Phylo	1,4	1734,04			-56,666	
2.b	Reaksi horizontal Phyl	1,4		-84,728		-254,184	
3	Momen	1,4				-10,416	
5	Tek. Tanah Dinamis	1,25		0,000		-605,57	
6	Beban Gempa Statik	1		-925,020		-1185,62	
			4970,325	-1009,748	0	-2112,459	1056,396

KOMBINASI LAYAN I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1	2489,450				6539,763
2.a	Tekanan Tanah Akti	1		-112,266		-108,934	
2.b	Tekanan Tanah Pasif	1			46,911081		6,255
3	Reaksi vertikal Phyl	1	1238,6				4300,818
4	Reaksi horizontal P	1		-60,520		-181,56	
5	Momen	1				-7,44	
			3728,050	-172,786	46,911081	-297,934	10846,835

KOMBINASI LAYAN I			Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1	2489,450				812,613
2.a	Tekanan Tanah Aktif	1		-112,266		-108,934	
2.b	Tekanan Tanah Pasif	1			46,91108		6,255
3	Reaksi vertikal Phylo	1	1238,6			-40,475	
4	Reaksi horizontal Phyl	1		-60,520		-181,56	
5	Momen	1				-7,44	
			3728,050	-172,786	46,91108	-338,409	818,867

REKAPITULASI KOMBINASI BEBAN

		Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
4	EKSTRIM I	4970,325	-1307,857	0,000	-2055,794	14522,836
5	LAYAN I	3728,050	-172,786	46,911	-297,934	10846,835

REKAPITULASI KOMBINASI BEBAN

		Vertikal	Horizontal		M. Guling	M. Penahan	Selish Momen
No	Aksi/Beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x	ΔM
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
4	EKSTRIM I	4970,325	-1009,748	0,000	-2112,459	1056,396	-1056,063
5	LAYAN I	3728,050	-172,786	46,911	-338,409	818,867	480,458

PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN GANTUNG UNTUK PEJALAN KAKI BENTANG 60 METER
(STUDI KASUS : JEMBATAN GANTUNG JATIRUNGGO, KEC.PRINGAPUS, KAB.SEMARANG)

4.4.3.5 Daya Dukung Axial Ijin Tanah

$$q_{ult} = 1,3 * C * N_c + \gamma * H * N_q + 0,6 * \gamma * B * N_\gamma$$

H = kedalaman pondasi

H = 3,00 m

B = Lebar pondasi

By = 7,50 m

Parameter tanah di dasar pondasi

γ = berat volume tanah

γ = 17,0 kN/m³

ϕ = Sudut gesek dalam

ϕ = 40,0 °

C = Kohesi

C = 0,0 kN/m²

Faktor daya dukung menurut Therzaghi

N_c =	95,70	Φ	N_c	N_q	N_γ
N_q =	81,3	0	5.7	1.0	0.0
N_γ =	100,4	5	7.3	1.6	0.5
		10	9.6	2.7	1.2
		15	12.9	4.4	2.5
		20	17.7	7.4	5.0
q_{ult} =	11826,9 kN/m ²	25	25.1	12.7	9.7
SF =	2	30	37.2	22.5	19.7
$q_a = q_{ult}/SF$ =	5913,45 kN/m ²	34	52.6	36.5	35.0
q_a =	5913,45 kN/m ²	35	57.8	41.4	42.4
		40	95.7	81.3	100.4
		45	172.3	173.3	297.5
		48	258.3	287.9	780.1
		50	347.6	415.1	1153.2

4.4.3.6 Kontrol Tegangan Tanah Dasar Fondasi

Tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi :

Untuk nilai $e = M / P \leq b_x / 6$:

$$f_{max} = P / (b_x * b_y) + 6 * M / (b_y * b_x^2)$$

$$f_{min} = P / (b_x * b_y) - 6 * M / (b_y * b_x^2)$$

Untuk nilai $e = M / P \geq b_x / 6$

$$f_{max} = 2/3 * P_{tot} / [b_y * (b_x / 2 - e)]$$

$$f_{min} = 0$$

$$b_x = 6 \text{ m}$$

$$b_y = 7,5 \text{ m}$$

$$b_x/6 = 1 \text{ m}$$

Tegangan tanah yang terjadi :

KOMBINASI	P	ΔM	$e = M/P_{tot}$	Kontrol	f_{max}	f_{min}
BEBAN	(kN)	(kN.m)	(m)	e	kN/m ²	kN/m ²
EKSTRIM I	4970,325	1056,063	0,212	<Bx/6	133,920	86,984
LAYAN I	3728,050	480,458	0,129	<Bx/6	93,522	72,169

4.4.3.7 Kontrol Stabilitas

Sudut geser dalam

$$\phi = 40^\circ \quad 1 \text{ rad} = 57,29533 \quad 45^\circ = 0,785404$$

$$\phi = 0,698 \text{ rad}$$

Kohesi

$$C = 0 \text{ kN/m}^2$$

Ukuran dasar pondasi

$$b_x = 6,00 \text{ m}$$

$$b_y = 7,50 \text{ m}$$

Tekanan tanah aktif akibat beban vertikal

$$Q = P_{tot} / (b_x * b_y)$$

a. Stabilitas Guling

M_x = momen penyebab guling arah x

M_{px} = Momen penahan guling

Angka aman terhadap guling :

$$SF = M_{px} / M_x \geq 1,5$$

$$SF_{gempa} \geq 1,1$$

STABILITAS GULING

KOMBINASI	P_{tot}	M_x	M_{px}	SF	Ket
BEBAN	(kN)	(kNm)	(kNm)		
EKSTRIM I	4970,3	2055,794	14522,8	7,064	(ok)
LAYAN I	3728,1	297,934	10846,8	36,407	> 1,5 (ok)

b. Kontrol Stabilitas Geser

$$\text{Sudut geser, } \phi = 40^\circ$$

$$\text{Kohesi, } C = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi = 0,698 \text{ rad}$$

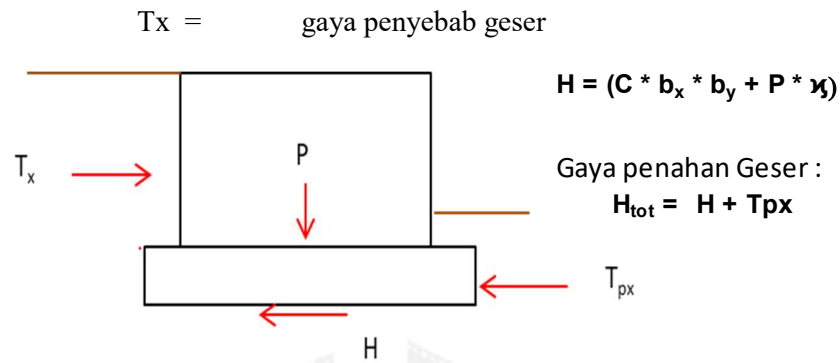
$$45^\circ = 0,785 \text{ rad}$$

$$\text{Koefesien gesek, } \alpha = 0,3$$

Ukuran dasar Pile-cap :

$$b_x = 6,00 \text{ m}$$

$$b_y = 7,50 \text{ m}$$



STABILITAS GESER

$SF = H / T_x \geq 1,5$
 $SF_{gempa} = \geq 1,1$

No	T_x (kN)	P (kN)	H (kN)	T_{px} (kN)	H_{tot} (kN)	SF
EKSTRIM I	1307,857	4970,325	1491,098	0,000	1491,098	1,140
LAYAN I	172,786	3728,050	1118,415	46,911	1165,326	6,744

4.4.4 Kaki Pylon B

4.4.4.1 Desain Kaki Pylon

- Informasi Data**

Bentang Jembatan Gantung (Tipe Simetris) : 60 meter

- Data Teknis**

Gaya Vertikal (V1)	$2 \times V1 =$	$2 \times 297,08 =$	594,16 kN (Tekan)
Gaya Vertikal (V2)	$2 \times V2 =$	$2 \times 322,22 =$	644,44 kN (Tekan)
Gaya Horizontal Memanjang (Hx)	$2 \times Hx =$	$2 \times 30,26 =$	60,52 kN
Momen (My)	$2 \times My =$	$2 \times 3,72 =$	7,44 kN.m
	$2 \times Mx =$	$2 \times 11,88 =$	23,76 kN.m
	$2 \times Hy =$	$2 \times 1,71 =$	3,42 kN

- Data Tanah**

1 rad = 57,295326°

Berat Jenis Tanah $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$

Sudut Geser Tanah $\phi = 40,00^\circ$

Kohesi $c = 0,0 \text{ kN/m}^2$

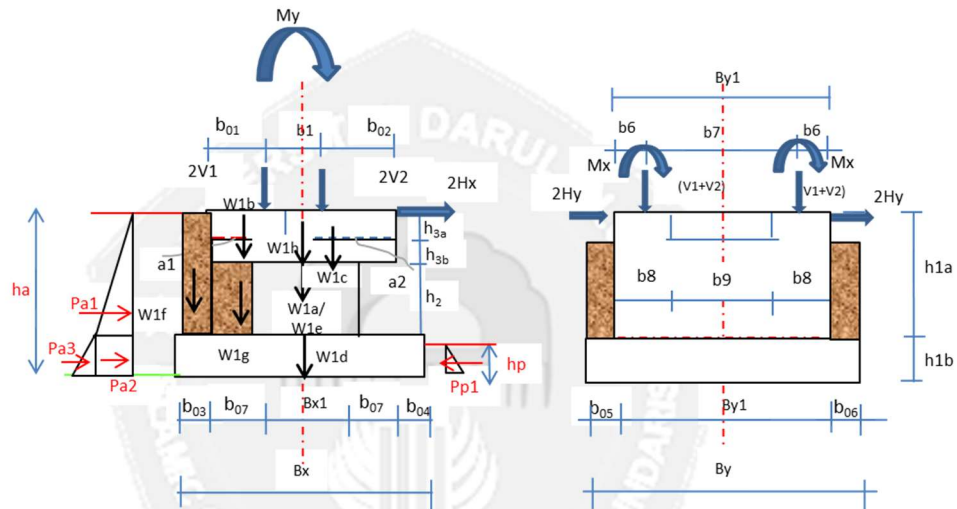
Tekanan Tanah Aktif ($K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) = 0,4369$ rad

$K_a = 0,217$

Tekanan Tanah Pasif ($K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) = 1,134$ rad

- | | | |
|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| Berat Beton Bertulang | γ_c = | 25 kN/m ³ |
| Berat Beton Tidak Bertulang | γ_{c1} = | 24 kN/m ³ |
| Berat Pasangan Batu | γ_{pb} = | 22 kN/m ³ |

- **Analisis Beban**



Gambar 4. 14 Dimensi Kaki Pylon B

$h_{1a} =$	2,6	m	$b_6 =$	0,75	m
$h_{1b} =$	0,4	m	$b_7 =$	5	m
$h_2 =$	1,1	m	$b_8 =$	1,5	m
$h_{3a} =$	0,6	m	$b_9 =$	3,5	m
$h_{3b} =$	0,9	m	$a_1 =$	1,4	m
$h_a =$	3,00	m	$a_2 =$	3,6	m
$h_p =$	0,4	m	$B_{y1} =$	6,5	m
$b_{01} =$	1,19	m	$B_y =$	7,5	m
$b_{02} =$	2,2	m	$B_{x1} =$	3	m
$b_1 =$	1,61	m	$B_x =$	6	m
$b_{03} =$	0,5	m			
$b_{04} =$	0,5	m			
$b_{05} =$	0,5	m			
$b_{06} =$	0,5	m			
$b_{07} =$	1	m			

4.4.4.2 Tabel Gaya dan Momen

TABEL GAYA DAN MOMEN

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O)

NO	URAIAN	Direct	GAYA TON	LENGAN M	MOMEN TON.M
I	Berat Pondasi				
	W1a =	1	536,25	2	1072,5
	W1b =	1	136,5	2,8	382,2
	W1c =	1	162	2,3	372,6
	W1d =	1	450	3	1350
	W1e =	1	86,7	2	173,4
	W1f =	1	165,75	3,75	621,5625
	W1g =	1	221	5	1105
	W1h =	1	731,25	2	1462,5
	Jumlah		2489,45		6539,7625
II	Tekanan Tanah				
	Pa1 =	-1	-81,214188	1,266667	-102,8713
	Pa2 =	-1	-28,83344	0,2	-5,766688
	Pa3 =	-1	-2,2179569	0,133333	-0,295728
	Jumlah		-112,26558		-108,9337
	Pp =	1	46,911081	0,133333	6,2548109
	Jumlah		46,911081		6,2548109
III	Reaksi Pada Pilar				
	Vertikal				
	2V1	1	594,16	4,31	2560,8296
	2V2	1	644,44	2,7	1739,988
	Jumlah		1238,6		4300,8176
	Horisontal				
	Hx	-1	-60,52	3	-181,56
	Jumlah		-60,52		-181,56
	Hy	-1	-3,42	3	-10,26
	Jumlah				-10,26
	Momen				
	My	-1			-7,44
	Jumlah				-7,44
	Mx	-1			-23,76
	Jumlah				-23,76
IV	Tekanan Tanah Dinamis				
	Aktif, Eae	-1	-242,80336	2	-485,6067
	Pasif, Epe	1	4,3165042	0,266667	1,1510678
	Jumlah		-238,48685		-484,4556
V	Beban Gempa Statik Ekuivalen				
	Eq1a	-1	-386,1	1,4	-540,54
	Eq1b	-1	-98,28	2,7	-265,356
	Eq1c	-1	-116,64	2,7	-314,928
	Eq1d	-1	-324	0,2	-64,8
	Jumlah		-925,02		-1185,624

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

NO	URAIAN	Direct	GAYA TON	LENGAN M	MOMEN TON.M
I	Berat Pondasi				
	W1a =	1	536,25	0	0
	W1b =	1	136,5	0,8	109,2
	W1c =	-1	162	1,2	-194,4
	W1d =	1	450	0	0
	W1e =	1	86,7	0	0
	W1f =	1	165,75	2,75	455,8125
	W1g =	1	221	2	442
	W1g =	1	731,25	0	0
	Jumlah		2489,45		812,6125
II	Tekanan Tanah				
	Pa1 =	-1	-81,2142	1,266667	-102,871
	Pa2 =	-1	-28,8334	0,2	-5,76669
	Pa3 =	-1	-2,21796	0,133333	-0,29573
	Jumlah		-112,266		-108,934
	Pp =	1	46,91108	0,133333	6,254811
	Jumlah		46,91108		6,254811
III	Reaksi Pada Pilar				
	Vertikal				
	2V1	1	594,16	0,805	478,2988
	2V2	-1	644,44	-0,805	-518,774
	Jumlah		1238,6		-40,4754
	Horisontal				
	Hx	-1	-60,52	3	-181,56
	Jumlah		-60,52		-181,56
	Hy	-1	-3,42	3	-10,26
	Jumlah				-10,26
	Momen				
	My	-1			-7,44
	Jumlah				-7,44
	Mx	-1			-23,76
	Jumlah				-23,76
IV	Tekanan Tanah Dinamis				
	Aktif, Eae	-1	-242,803	2	-485,607
	Pasif, Epe	1	4,316504	0,266667	1,151068
	Jumlah		-238,487		-484,456
V	Beban Gempa Statik Ekuivalen				
	Eq1a	-1	-386,1	1,4	-540,54
	Eq1b	-1	-98,28	2,7	-265,356
	Eq1c	-1	-116,64	2,7	-314,928
	Eq1d	-1	-324	0,2	-64,8
	Jumlah		-925,02		-1185,62

4.4.4.3 Rekap Beban Kerja

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

REKAP BEBAN KERJA		Vertikal	Horisontal				M. Guling
No	Aksi/Beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	T _y	H _y	M _x (kNm)
1	Berat Pondasi	2489,450					
2.a	Tekanan Tanah Aktif		-112,266				-108,934
2.b	Tekanan Tanah Pasif			46,91108			
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1238,6					
4	Reaksi horisontal Phylon pada Pondasi		-60,520				-181,56
5	Momen						-7,44
6	Tek. Tanah Dinamis		-238,487				-484,45565
7	Beban Gempa Statik Ekuivalen		-925,020				-1185,624
8	My						
9	Hy				-3,42		

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

REKAP BEBAN KERJA		Vertikal	Horisontal				M. Guling		M. Penahan	
No	Aksi/Beban	P (kN)	T _x (kN)	T _{px} (kN)	T _y	H _y	M _x (kNm)	M _y	MP _x (kNm)	MP _y (kNm)
1	Berat Pondasi	2489,450							812,613	
2.a	Tekanan Tanah Aktif		-112,266				-108,934			
2.b	Tekanan Tanah Pasif			46,91108					6,255	
3	Reaksi vertikal Phylon pada Pondasi	1238,6					-40,475			
4	Reaksi horisontal Phylon pada Pondasi		-60,520				-181,56			
5	Momen						-7,44			
6	Tek. Tanah Dinamis		0,000				-484,456			
7	Beban Gempa Statik Ekuivalen		-925,020				-1185,62			
7	My							-23,76		
8	Hy				-3,42			-10,26		

4.4.4.4 Kombinasi Beban

Titik Tinjau Ujung Tumit Kanan Titik O

Titik Tinjau Tengah bawah penampang

KOMBINASI EKSTRIM I			Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1,3	3236,285				8501,691
2.a	Reaksi vertikal Phyl	1,4	1734,04				6021,145
2.b	Reaksi horisontal P	1,4		-84,728		-254,184	
3	Momen	1,4				-10,416	
5	Tek. Tanah Dinamis	1,25		-298,109		-605,56956	
6	Beban Gempa Statik	1		-925,020		-1185,624	
			4970,325	-1307,857	0	-2055,794	14522,836

KOMBINASI EKSTRIM I			Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1,3	3236,285				1056,396
2.a	Reaksi vertikal Phylo	1,4	1734,04			-56,666	
2.b	Reaksi horisontal Ph	1,4		-84,728		-254,184	
3	Momen	1,4				-10,416	
5	Tek. Tanah Dinamis	1,25		0,000		-605,57	
6	Beban Gempa Statik	1		-925,020		-1185,62	
			4970,325	-1009,748	0	-2112,459	1056,396

KOMBINASI LAYAN I			Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1	2489,450				6539,763
2.a	Tekanan Tanah Aktif	1		-112,266		-108,934	
2.b	Tekanan Tanah Pasif	1			46,911081	6,255	
3	Reaksi vertikal Phyl	1	1238,6				4300,818
4	Reaksi horisontal P	1		-60,520		-181,56	
5	Momen	1				-7,44	
			3728,050	-172,786	46,911081	-297,934	10846,835

KOMBINASI LAYAN I			Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
			(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
1	Berat Pondasi	1	2489,450				812,613
2.a	Tekanan Tanah Aktif	1		-112,266		-108,934	
2.b	Tekanan Tanah Pasif	1			46,91108	6,255	
3	Reaksi vertikal Phylo	1	1238,6			-40,475	
4	Reaksi horisontal Ph	1		-60,520		-181,56	
5	Momen	1				-7,44	
			3728,050	-172,786	46,91108	-338,409	818,867

REKAPITULASI KOMBINASI BEBAN

		Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan
No	Aksi/Beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
4	EKSTRIM I	4970,325	-1307,857	0,000	-2055,794	14522,836
5	LAYAN I	3728,050	-172,786	46,911	-297,934	10846,835

REKAPITULASI KOMBINASI BEBAN

		Vertikal	Horisontal		M. Guling	M. Penahan	Selish Momen
No	Aksi/Beban	P	T _x	T _{px}	M _x	MP _x	ΔM
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
4	EKSTRIM I	4970,325	-1009,748	0,000	-2112,459	1056,396	-1056,063
5	LAYAN I	3728,050	-172,786	46,911	-338,409	818,867	480,458

4.4.4.5 Daya Dukung Axial Ijin Tanah

$$q_{ult} = 1,3 * C * N_c + \gamma * H * N_q + 0,6 * \gamma * B * N_\gamma$$

H = kedalaman pondasi

H = 3,00 m

B = Lebar pondasi

By = 7,50 m

Parameter tanah di dasar pondasi

γ = berat volume tanah

γ = 17,0 kN/m³

ϕ = Sudut gesek dalam

ϕ = 40,0 °

C = Kohesi

C = 0,0 kN/m²

Faktor daya dukung menurut Therzaghi

N _c =	95,70	
N _q =	81,3	
N _γ =	100,4	
q _{ult} =	11826,9	kN/m ²
SF =	2	
q _a = q _{ult} /SF =	5913,45	kN/m ²
q _a =	5913,45	kN/m ²

Φ	N _c	N _q	N _γ
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	2.5
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	22.5	19.7
34	52.6	36.5	35.0
35	57.8	41.4	42.4
40	95.7	81.3	100.4
45	172.3	173.3	297.5
48	258.3	287.9	780.1
50	347.6	415.1	1153.2

4.4.4.6 Kontrol Tegangan Tanah Dasar Fondasi

Tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi :

Untuk nilai $e = M / P \leq b_x / 6$:

$$f_{max} = P / (b_x * b_y) + 6 * M / (b_y * b_x^2)$$

$$f_{min} = P / (b_x * b_y) - 6 * M / (b_y * b_x^2)$$

Untuk nilai $e = M / P \geq b_x / 6$

$$f_{max} = 2/3 * P_{tot} / [b_y * (b_x / 2 - e)]$$

$$f_{min} = 0$$

$$b_x = 6 \text{ m}$$

$$b_y = 7,5 \text{ m}$$

$$b_x/6 = 1 \text{ m}$$

Tegangan tanah yang terjadi :

KOMBINASI	P	ΔM	$e = M/P_{tot}$	Kontrol	f_{max}	f_{min}
BEBAN	(kN)	(kN.m)	(m)	e	kN/m ²	kN/m ²
EKSTRIM I	4970,325	1056,063	0,212	<Bx/6	133,920	86,984
LAYAN I	3728,050	480,458	0,129	<Bx/6	93,522	72,169

4.4.4.7 Kontrol Stabilitas

Sudut geser dalam

$$\phi = 40^\circ \quad 1 \text{ rad} = 57,29533 \quad 45^\circ = 0,785404$$

$$\phi = 0,698 \text{ rad}$$

Kohesi

$$C = 0 \text{ kN/m}^2$$

Ukuran dasar pondasi

$$b_x = 6,00 \text{ m}$$

$$b_y = 7,50 \text{ m}$$

Tekanan tanah aktif akibat beban vertikal

$$Q = P_{tot} / (b_x * b_y)$$

a. Stabilitas Guling

M_x = momen penyebab guling arah x

M_{px} = Momen penahan guling

Angka aman terhadap guling :

$$SF = M_{px} / M_x \geq 1,5$$

$$SF_{\text{gempa}} \geq 1,1$$

STABILITAS GULING

KOMBINASI	P_{tot}	M_x	M_{px}	SF	Ket
BEBAN	(kN)	(kNm)	(kNm)		
EKSTRIM I	4970,3	2055,794	14522,8	7,064	(ok)
LAYAN I	3728,1	297,934	10846,8	36,407	> 1,5 (ok)

b. Kontrol Stabilitas Geser

Sudut geser, $\phi = 40^\circ$

Kohesi, $C = 0 \text{ kPa}$

$$\phi = 0,698 \text{ rad}$$

$$45^\circ = 0,785 \text{ rad}$$

Koefesien gesek, $\alpha = 0,3$

Ukuran dasar Pile-cap :

$$b_x = 6,00 \text{ m}$$

$$b_y = 7,50 \text{ m}$$

T_x = gaya penyebab geser

$H = (C * b_x * b_y + P * \gamma)$

Gaya penahan Geser :
 $H_{tot} = H + T_{px}$

$SF = H / T_x \geq 1,5$
 $SF_{gempa} = \geq 1,1$

STABILITAS GESER

No	T_x (kN)	P (kN)	H (kN)	T_{px} (kN)	H_{tot} (kN)	SF
EKSTRIM I	1307,857	4970,325	1491,098	0,000	1491,098	1,140
LAYAN I	172,786	3728,050	1118,415	46,911	1165,326	6,744

4.4.5 Settlement Blok Angkur A

- **Dimensi Fondasi**

Lebar	Bx	8 m
Panjang	By	7,5 m
Jarak dari dasar Fondasi ke Tanah Batuan	H	1 m
Kedalaman Fondasi	Df	4 m

- **Beban**

Beban Axial (terbesar) yang bekerja Pada Fondasi	Bx	7249,73 kN
Tekanan Bersih yang diberikan pada Fondasi	By	121 kN/m ²

- **Soil Properties**

Poisson's ratio of soil	μ_s	0,3
Modulus Elastisitas tanah rata – rata tanah di bawah fondasi (Measured from $z = 0$ to about $z = 5B$)	E_s	40000 kN/m ²

α	4
$B' = B/2$	4,00 m
$m' = L/B$	0,94
$n' = (H/(B/2))$	0,25
Df/B	0,5
B/L	1,06667
$F1 (m', n')$	0,014
$F2 (m', n')$	0,049
$If (Df/B, \mu_s, B/L)$	0,78188
$Is = F1 + ((1 - 2 * \mu_s) / (1 - \mu_s)) * F2$	0,04196

Depth factor (Fox, 1948)

Shape factor (Steinbrenner, 1934)

- **Settlement Calculation**

Settlement (Flexible foundation)	0,001443 m	1,443 mm
Settlement (Rigid foundation)	0,001342 m	1,342 mm

4.4.6 Settlement Blok Angkur B

- **Dimensi Fondasi**

Lebar	Bx	8 m
Panjang	By	7,5 m
Jarak dari dasar Fondasi ke Tanah Batuan	H	1 m
Kedalaman Fondasi	Df	4 m

- **Beban**

Beban Axial (terbesar) yang bekerja Pada Fondasi	Bx	7249,73 kN
Tekanan Bersih yang diberikan pada Fondasi	By	121 kN/m ²

- **Soil Properties**

Poisson's ratio of soil	μ_s	0,3
Modulus Elastisitas tanah rata – rata tanah di bawah fondasi (Measured from $z = 0$ to about $z = 5B$)	E_s	40000 kN/m ²

α	4
$B' = B/2$	4,00 m
$m' = L/B$	0,94
$n' = (H/(B/2))$	0,25
Df/B	0,5
B/L	1,06667
$F1 (m', n')$	0,014
$F2 (m', n')$	0,049
$If (Df/B, \mu_s, B/L)$	0,78188
$Is = F1 + ((1 - 2\mu_s)/(1 - \mu_s)) * F2$	0,04196

Depth factor (Fox, 1948)
Shape factor (Steinbrenner, 1934)

- **Settlement Calculation**

Settlement (Flexible foundation)	0,001443 m	1,443 mm
Settlement (Rigid foundation)	0,001342 m	1,342 mm

4.4.7 Settlement Kaki Pylon A

- **Dimensi Fondasi**

Lebar	Bx	6 m
Panjang	By	7,5 m
Jarak dari dasar Fondasi ke Tanah Batuan	H	1 m
Kedalaman Fondasi	Df	3 m

- **Beban**

Beban Axial (terbesar) yang bekerja Pada Fondasi	Bx	4973,6 kN
Tekanan Bersih yang diberikan pada Fondasi	By	111 kN/m ²

- **Soil Properties**

Poisson's ratio of soil	μ_s	0,3
Modulus Elastisitas tanah rata – rata tanah di bawah fondasi (Measured from $z = 0$ to about $z = 5B$)	Es	40000 kN/m ²

α	4	
$B' = B/2$	3,00 m	
$m' = L/B$	1,25	
$n' = (H/(B/2))$	0,333	
Df/B	0,5	
B/L	0,8	
$F1 (m', n')$	0,01276	
$F2 (m', n')$	0,050	
$If (Df/B, \mu_s, B/L)$	0,74750	Depth factor (Fox, 1948)
$Is = F1 + ((1 - 2\mu_s)/(1 - \mu_s)) * F2$	0,04135	Shape factor (Steinbrenner, 1934)

- **Settlement Calculation**

Settlement (Flexible foundation)	0,000933 m	0,933 mm
Settlement (Rigid foundation)	0,000867 m	0,867 mm

4.4.8 Settlement Kaki Pylon B

- **Dimensi Fondasi**

Lebar	Bx	6 m
Panjang	By	7,5 m
Jarak dari dasar Fondasi ke Tanah Batuan	H	1 m
Kedalaman Fondasi	Df	3 m

- **Beban**

Beban Axial (terbesar) yang bekerja Pada Fondasi	Bx	4973,6 kN
Tekanan Bersih yang diberikan pada Fondasi	By	111 kN/m ²

- **Soil Properties**

Poisson's ratio of soil	μ_s	0,3
Modulus Elastisitas tanah rata – rata tanah di bawah fondasi (Measured from $z = 0$ to about $z = 5B$)	Es	40000 kN/m ²

α	4
$B' = B/2$	3,00 m
$m' = L/B$	1,25

$n' = (H/(B/2))$	0,333
Df/B	0,5
B/L	0,8
$F1 (m', n')$	0,01276
$F2 (m', n')$	0,050
$If (Df/B, \mu_s, B/L)$	0,74750
$Is = F1 + ((1 - 2 * \mu_s) / (1 - \mu_s)) * F2$	0,04135

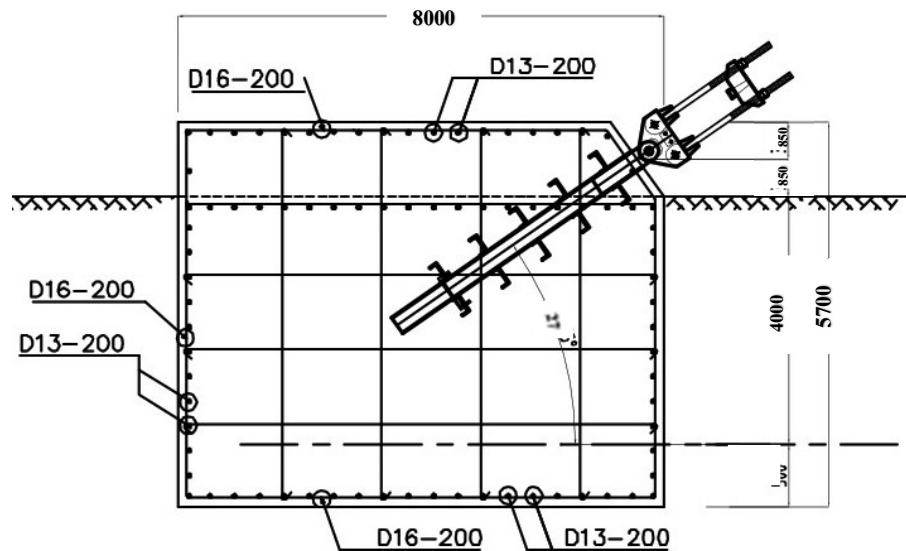
Depth factor (Fox, 1948)

Shape factor (Steinbrenner, 1934)

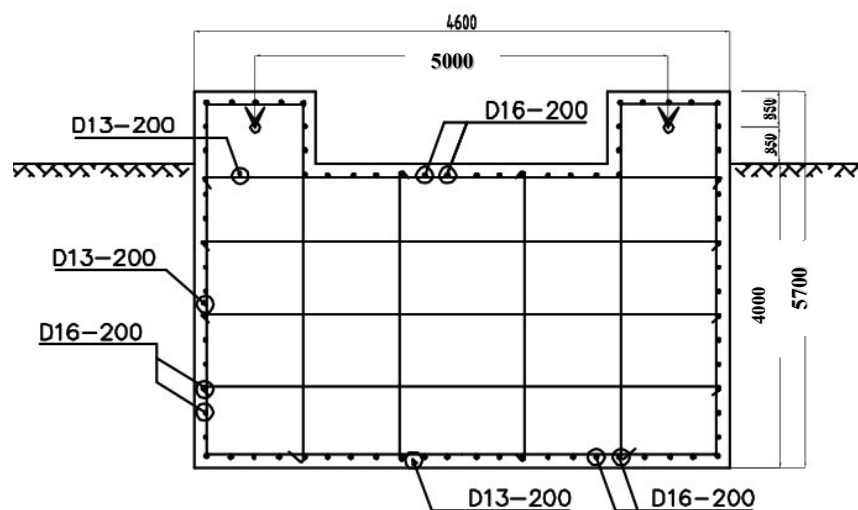
• Settlement Calculation

Settlement (Flexible foundation)	0,000933 m	0,933 mm
Settlement (Rigid foundation)	0,000867 m	0,867 mm

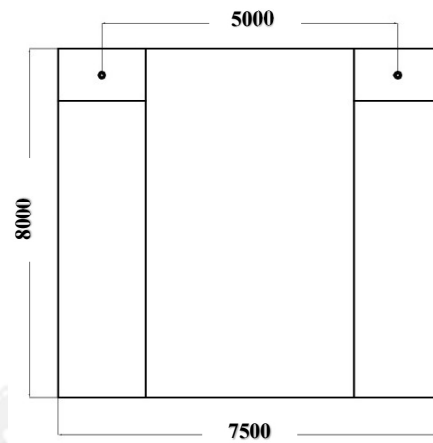
4.4.9 Detail Penulangan Blok Angkur A dan B



Gambar 4. 15 Tampak Memanjang (Detail Penulangan Blok Angkur A dan B)

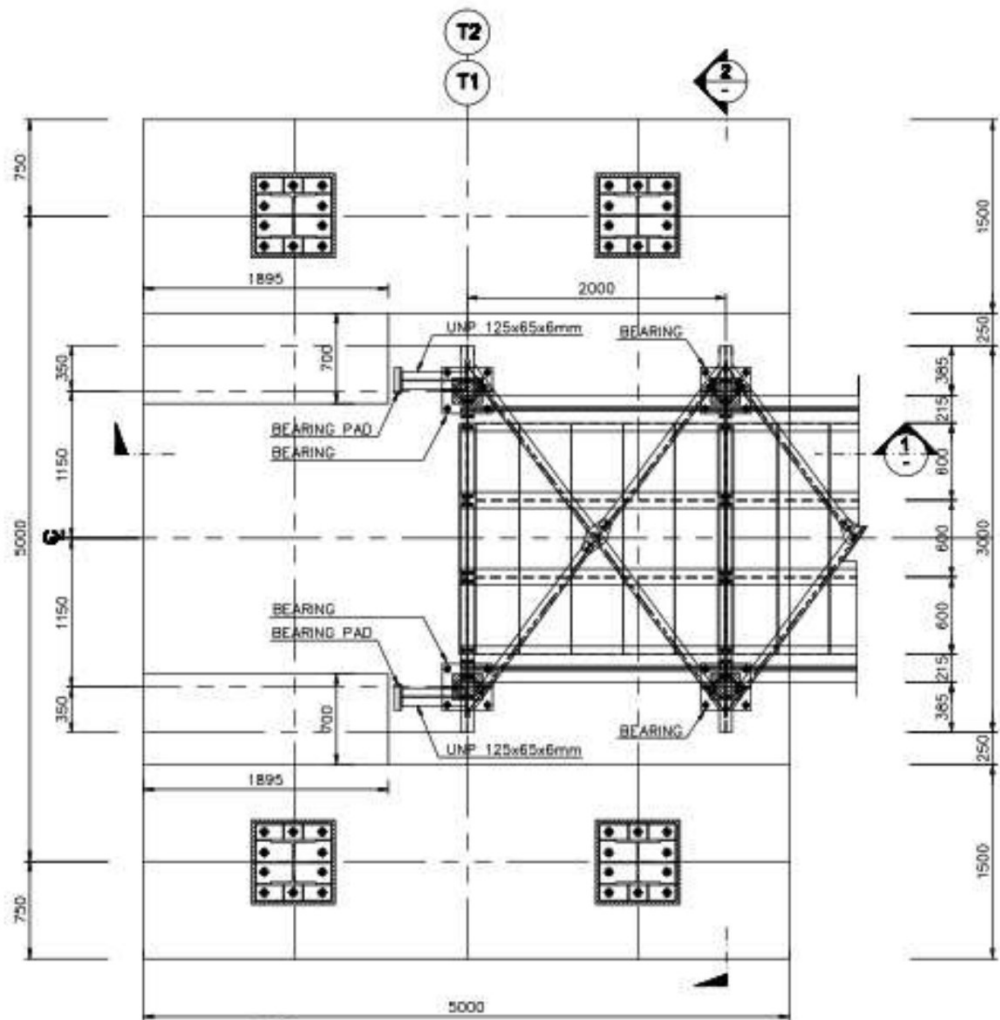


Gambar 4. 16 Tampak Melintang (Detail Penulangan Blok Angkur A dan B)

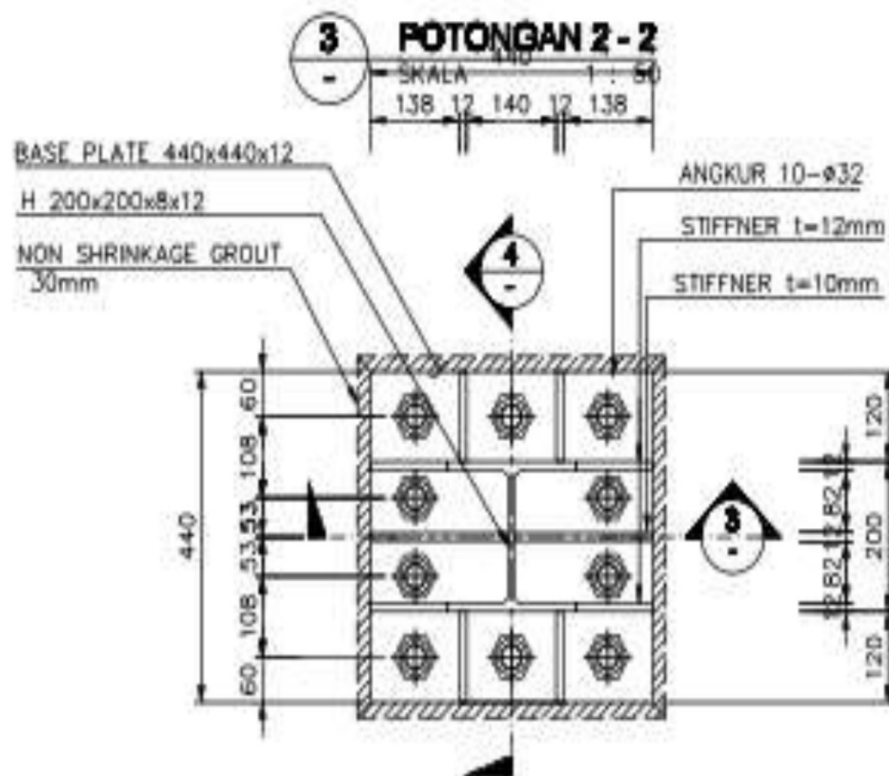


Gambar 4. 17 Tampak Atas (Detail Penulangan Blok Angkur A dan B)

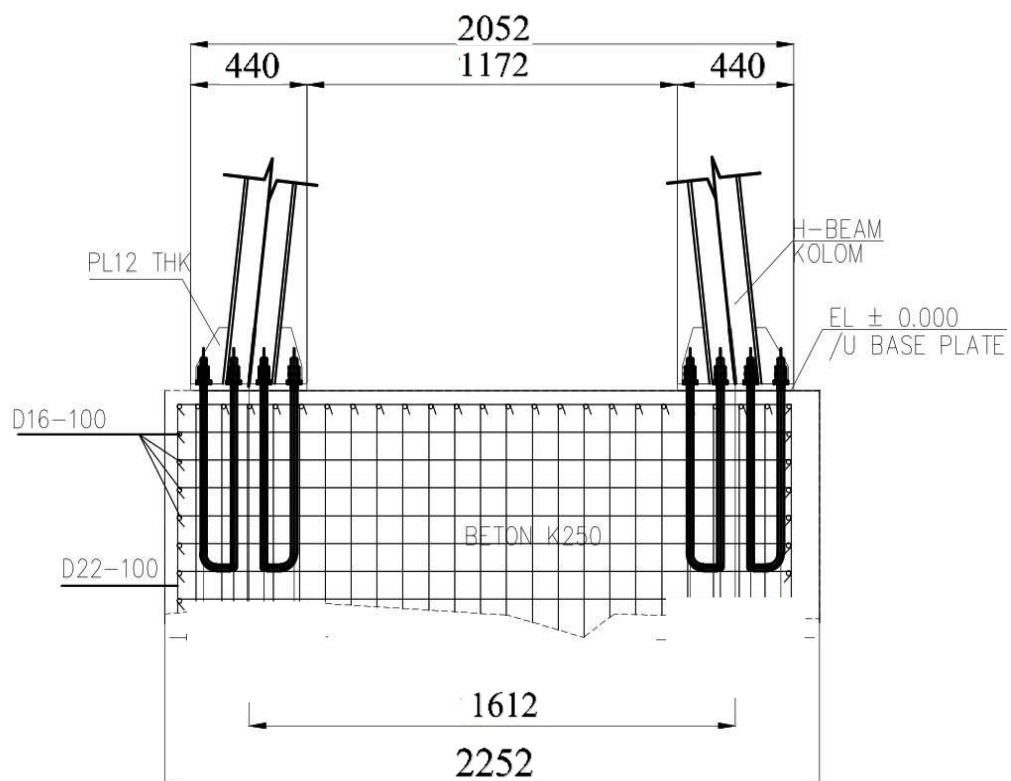
4.4.10 Detail Penulangan Kaki Pylon A dan B



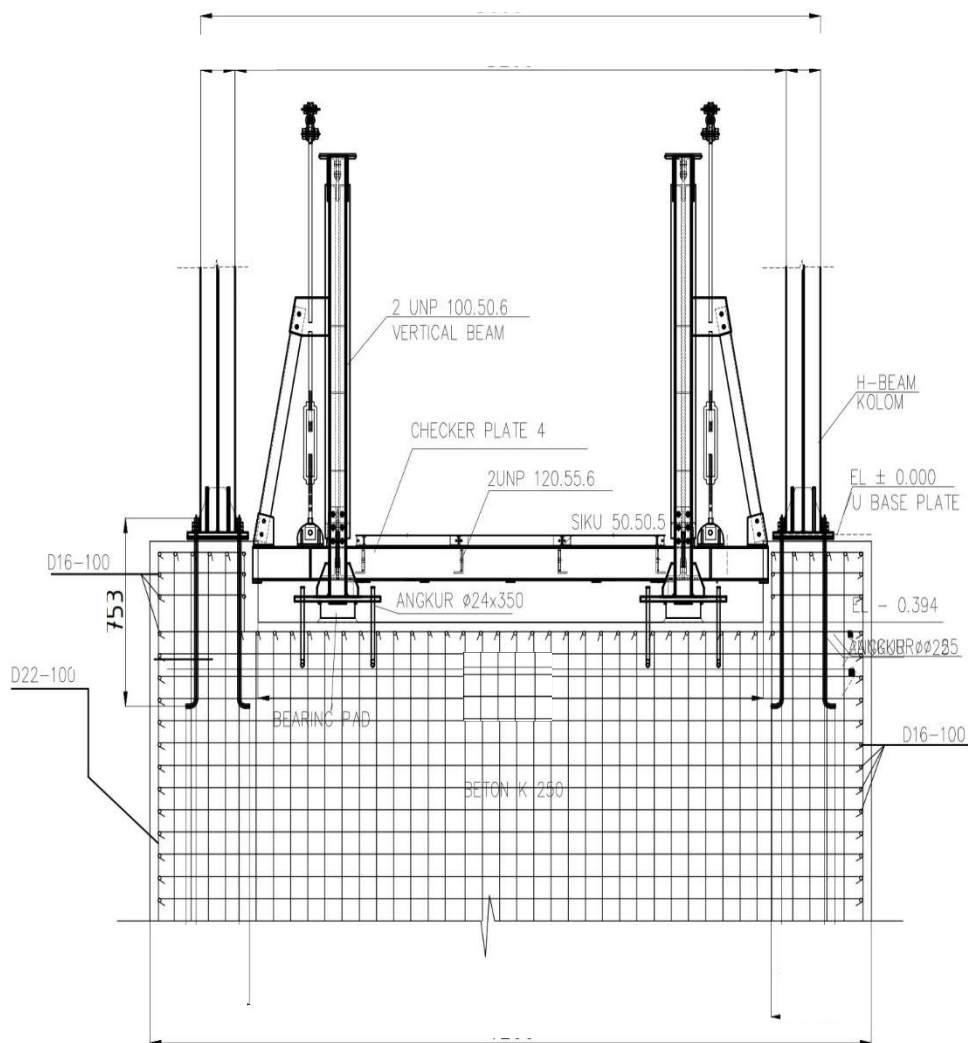
Gambar 4. 18 Pilar Tampak Atas



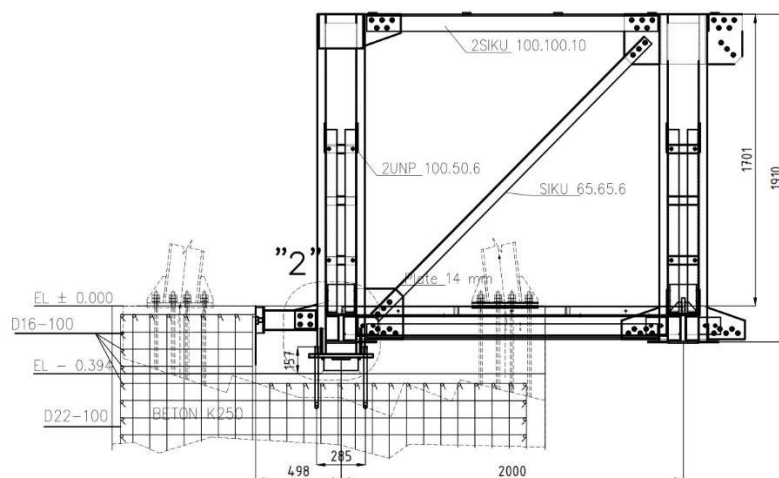
Gambar 4. 19 Potongan 2-2



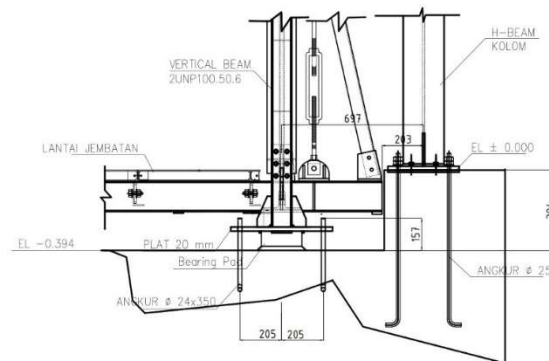
Gambar 4. 20 Pilar Tampak Memanjang



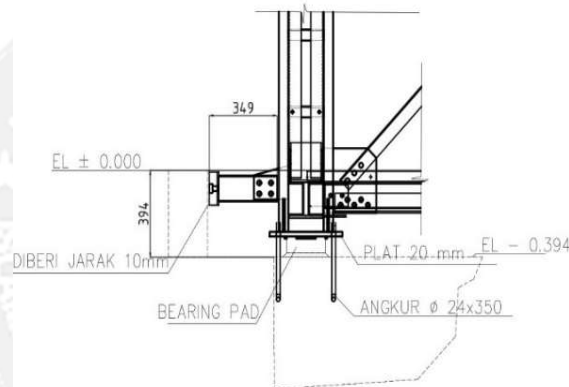
Gambar 4. 21 Pilar Tampak Melintang



Gambar 4. 22 Cross Grider Tampak memanjang

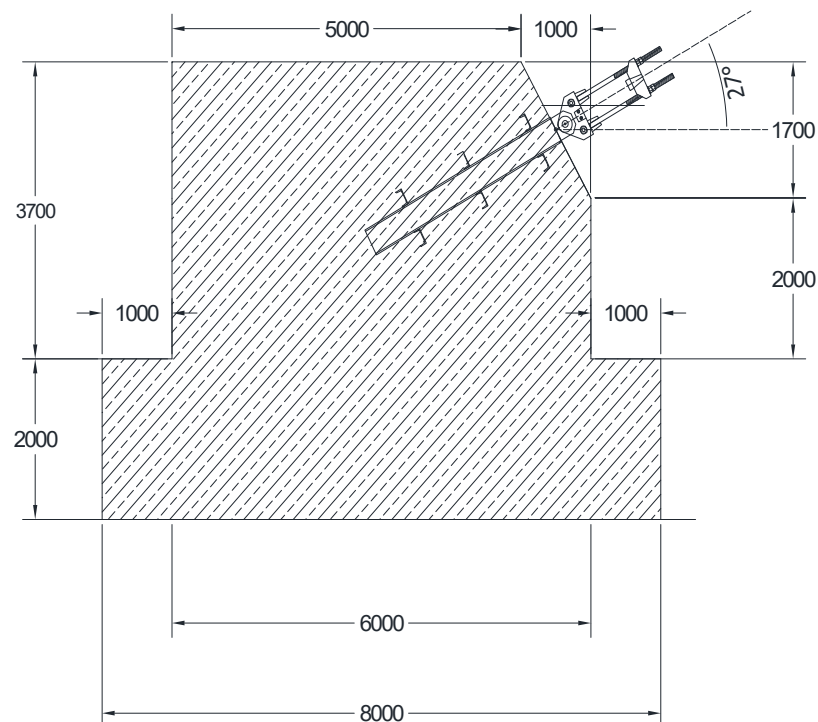


Gambar 4. 23 Detail 1

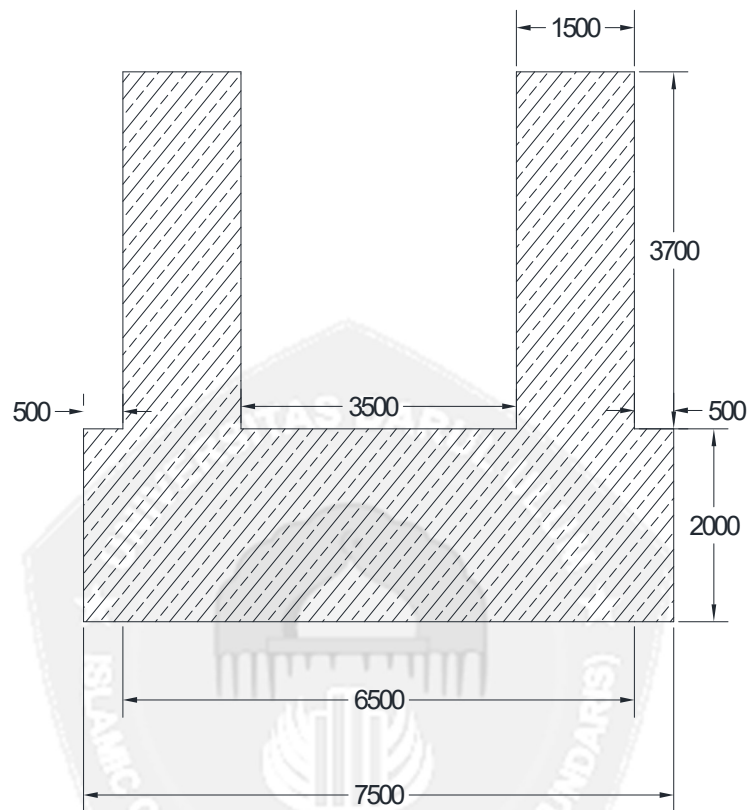


Gambar 4. 24 Detail 2

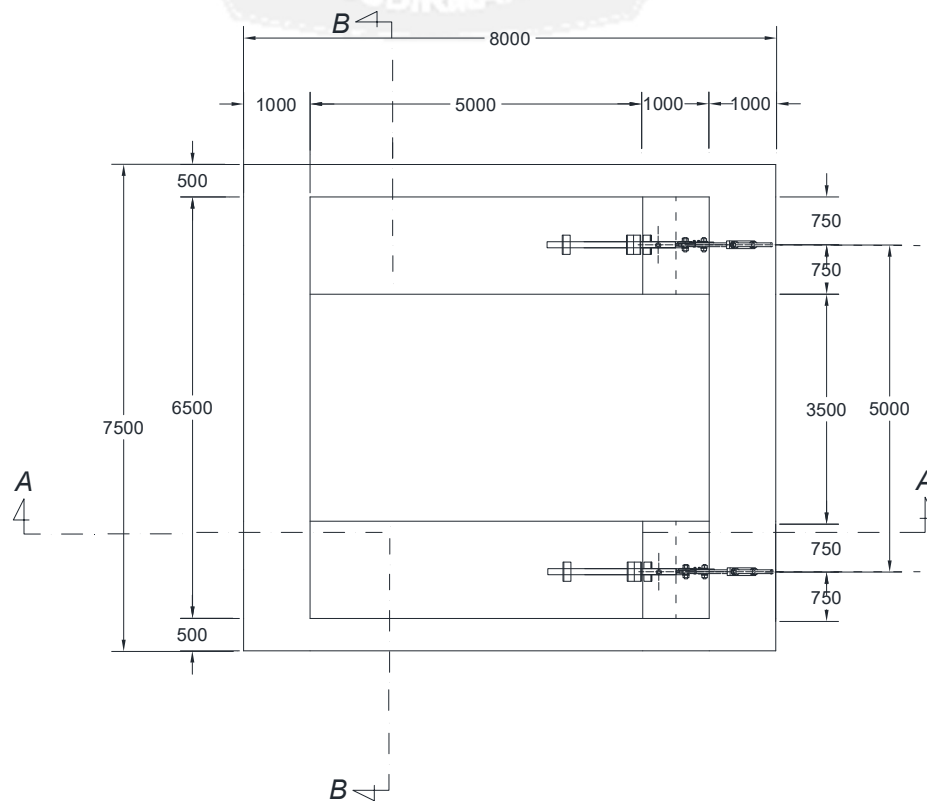
4.4.13 Desain Blok Angkur A dan B



Gambar 4. 25 Potongan A - A

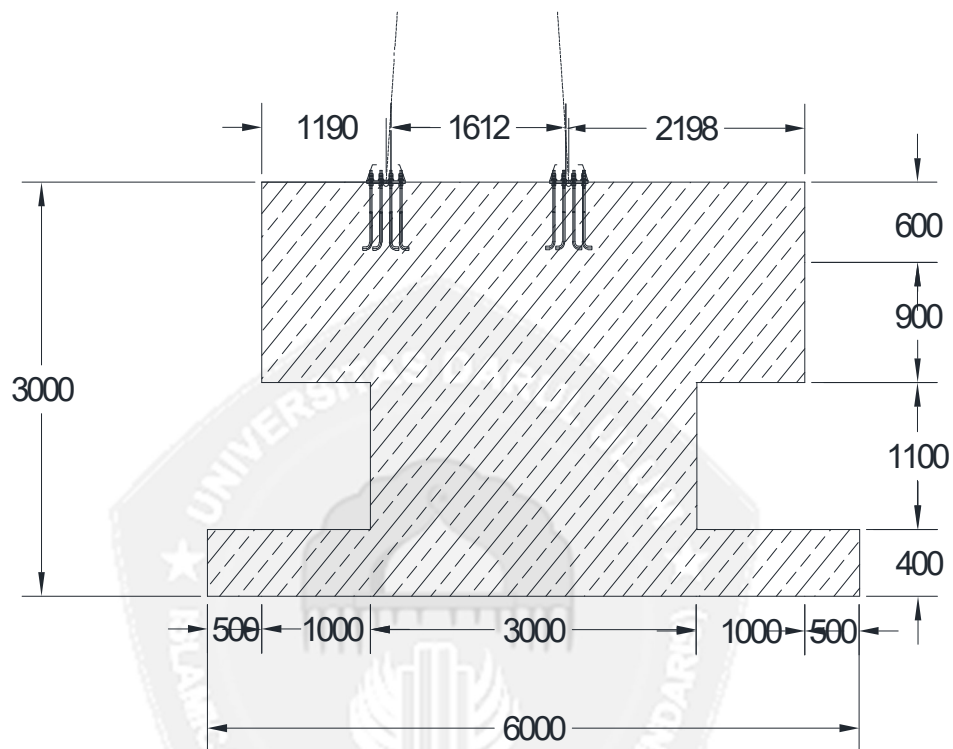


Gambar 4. 26 Potongan B – B

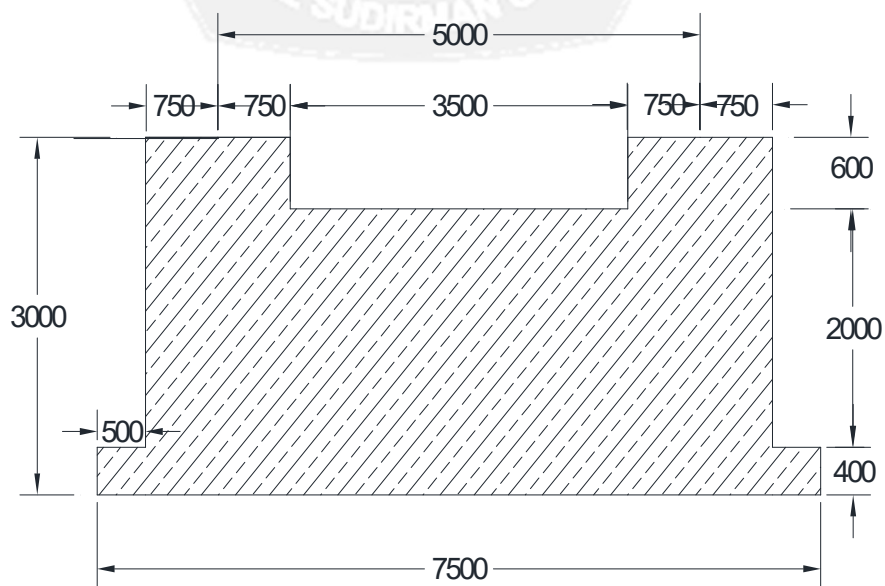


Gambar 4. 27 Denah Blok Angkur A dan B

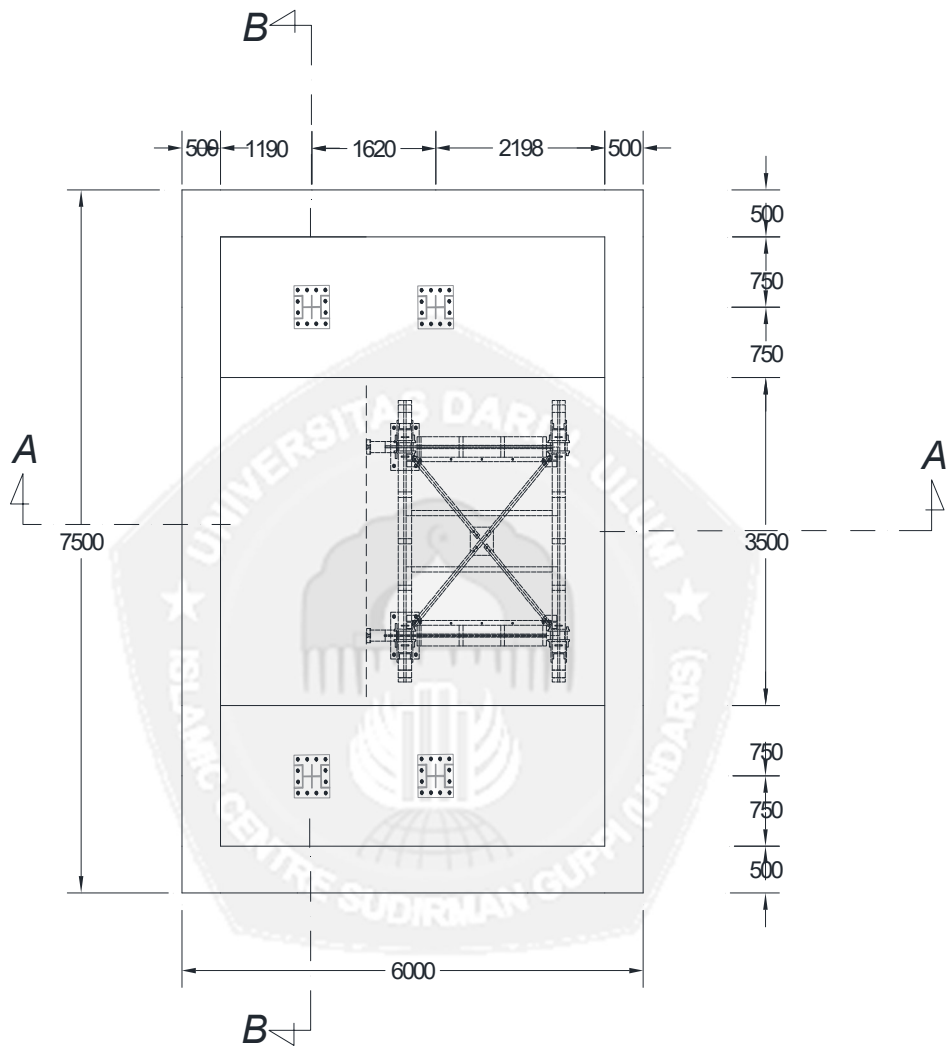
4.4.14 Desain Kaki Pylon A dan B



Gambar 4. 28 Potongan A – A



Gambar 4. 29 Potongan B - B



Gambar 4. 30 Denah Kaki Pylon A dan B

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada Blok Angkur A dan B menggunakan Sistem Fondasi Langsung dengan dimensi telapak 7,5 x 8 meter dan tebal footplat adalah 2 meter. Diperoleh angka penurunan sebesar 1,342 mm di Blok Angkur A dan 1,342 mm di Blok Angkur B.
2. Pada Kaki Pylon A dan B menggunakan Sistem Fondasi Langsung dengan dimensi telapak 7,5 x 6 meter dan tebal footplat adalah 0,40 meter. Diperoleh angka penurunan sebesar 0,867 mm di Kaki Pylon A dan 0,867 mm di Kaki Pylon B.

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil investigasi tanah, uji sondir memberikan gambaran awal mengenai karakteristik tanah di lapangan. Namun, untuk penentuan kesimpulan akhir terkait klasifikasi tanah, daya dukung, dan parameter perencanaan, digunakan hasil uji N-SPT (Standard Penetration Test). Hal ini dikarenakan NSPT memiliki tingkat representasi yang lebih tinggi terhadap kondisi tanah aktual serta menjadi acuan utama dalam standar perencanaan geoteknik.
2. Tugas Akhir selanjutnya tidak hanya mengacu pada kriteria desain semata, tetapi juga mencakup aspek lain yang lebih komprehensif, seperti perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB), penyusunan metode kerja pelaksanaan, serta analisis pendukung lainnya yang berkaitan dengan perencanaan dan pelaksanaan proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1997). *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN* (fifth). Irwin/McGraw-Hill.
- Braja M.Das. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*.
- Direktorat Pembangunan Jembatan. (2022). *Desain Bangunan Bawah Jembatan Gantung Pejalan Kaki Simetris Tahun Anggaran 2022*.
- Ditjen Bina Marga. (2021). *Jembatan Gantung*. data pu. <https://data.pu.go.id/dataset/jembatan-gantung>
- Hardiyatmo, H. C. (1996). *Teknik Fondasi 1*.
https://www.academia.edu/37519438/Hardiyatmo_1996_Teknik_Pondasi
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *mekanika-tanah-II*.
<https://ebooktekniksipil.wordpress.com/geoteknik/mekanika-tanah/mekanika-tanah-ii/>
- intro to civil engineering review*. (2025). fiveable.
- Politeknik Pekerjaan Umum. (2024). *Jembatan Gantung*. politeknikpu.
<https://politeknikpu.ac.id/lab-lapangan/jembatan-gantung/>
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9780470172766>

LAMPIRAN – LAMPIRAN



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA
DIREKTORAT PEMBANGUNAN JEMBATAN

Jalan Pattimura No. 20, Gd. Sapta Taruna Lt. VI, Kebayoran Baru – Jakarta Selatan 12110, Telp. 7251544, 7251019 FAX. (021) 7247283

Nomor : *Bm 0502-Bt/386*
Sifat : Penting
Lampiran : 1 (satu) Berkas
Hal : Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid-Simetris TA. 2021

Jakarta, 5 Agustus 2021

Yth.

Para Kepala BBPJN/BPJN di Lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga

di-

Tempat

Menindaklanjuti surat kami Nomor : BM 0502-Bt/315 tanggal 14 Oktober 2020 hal Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid-Simetris TA.2020 dan memperhatikan desain Jembatan Gantung Pengadaan TA.2021, dengan ini kami sampaikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dilakukan penyesuaian terhadap beban reaksi gaya-gaya dalam pada surat Direktur Pembangunan Jembatan Nomor : BM 0502-Bt/315 tanggal 14 Oktober 2020 (**terlampir**);
2. Atas penyesuaian poin nomor 1 (satu), P2JN agar melakukan *review* terhadap desain Jembatan Gantung yang menggunakan rangka pengadaan Tahun Anggaran 2021;
3. Hasil *review* agar dilaporkan kepada PMU Jembatan Gantung dan Rangka Baja Jembatan, Dit. Pembangunan Jembatan dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Faktor Keamanan kapasitas, stabilitas geser dan guling harus memenuhi persyaratan kriteria desain;
 - b. Deformasi pada pondasi tidak boleh melebihi batasan yang ditetapkan pada kriteria desain;
 - c. Dilaporkan dalam bentuk perbandingan menggunakan kriteria desain berdasarkan surat Direktur Pembangunan Jembatan Nomor : BM 0502-Bt/315 tanggal 14 Oktober 2020 dengan kriteria desain Jembatan Gantung sebagaimana terlampir pada surat ini.
4. Penyampaian *review* desain jembatan gantung agar disampaikan melalui e-mail: pmuditbangtan.binamarga@pu.go.id

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

DIREKTUR PEMBANGUNAN JEMBATAN,


Yudha Handita Pandjiariawan
NIP 196503151996031001

Tembusan :

1. Direktur Jenderal Bina Marga;
2. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga;
3. Para Direktur di Lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga;
4. Ketua Pelaksana Harian PMU Jembatan Gantung dan Rangka Baja Jembatan.

Lampiran 1 Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid-Simetris TA.2021

**PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN GANTUNG UNTUK PEJALAN KAKI BENTANG 60 METER
(STUDI KASUS : JEMBATAN GANTUNG JATIRUNGGO, KEC.PRINGAPUS, KAB.SEMARANG)**



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

DIREKTORAT PEMBANGUNAN JEMBATAN

Jalan Pattimura No. 20, Gd. Sapta Taruna Lt. VI, Kebayoran Baru – Jakarta Selatan 12110, Telp. 7251544, 7251019 FAX. (021) 7247283

Nomor : *BM 0502-AB/67*

Jakarta, *17* Februari 2022

Sifat : **Penting**

Lampiran: 1 (satu) Berkas

Hal : Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung
Pejalan Kaki Tipe Rigid-Simetris TA. 2022

Yth.

Kepala BBPJN/BPJN di Lingkungan Ditjen. Bina Marga

di -

T e m p a t

Sehubungan dengan telah selesainya penyusunan DED rangka bangunan atas jembatan gantung TA. 2022 dan untuk keperluan desain blok angkur, *cap pylon*, beserta sistem pondasinya maka diperlukan gaya – gaya reaksi perletakan pada blok angkur dan kaki *pylon*. Berkaitan dengan hal tersebut dengan ini kami sampaikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dalam setiap kegiatan perencanaan jembatan gantung tipe Rigid-Simetris 2022 harus mengacu pada kriteria desain perencanaan bangunan bawah jembatan gantung pejalan kaki Rigid-Simetris 2022 (terlampir);
2. Gaya gempa dikelompokkan dalam kombinasi beban ultimate dengan faktor beban untuk gempa sebesar 1,00 sesuai kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1725:2016 tentang Pembebanan Untuk Jembatan;
3. Terdapat 2 (dua) kategori pembebanan (terlampir) yaitu :
 - a. Kondisi beban layan untuk perencanaan kapasitas fondasi, stabilitas geser dan guling, serta perhitungan deformasi;
 - b. Kondisi beban ultimit untuk perencanaan kapasitas tulangan struktur blok angkur, *cap pylon* dan sistem fondasi.
4. BBPJN/BPJN yang sudah mendapatkan alokasi rangka bangunan atas tipe Rigid-Simetris 2022 dan melaksanakan desain tanpa mengacu kriteria desain Rigid-Simetris 2022 agar melakukan pengecekan ulang terhadap desain;
5. Hasil pengecekan ulang terhadap desain agar dilaporkan kepada PMU Jembatan Gantung dan Rangka Baja Jembatan, Dit. Pembangunan Jembatan dengan rincian sebagai berikut :
 - a. Faktor Keamanan kapasitas, stabilitas geser dan guling harus memenuhi persyaratan kriteria desain;
 - b. Deformasi pada pondasi tidak boleh melebihi batasan yang ditetapkan pada kriteria desain;

Lampiran 2 Desain dan Pelaksanaan Jembatan Gantung Pejalan Kaki Tipe Rigid-Simetris TA.2021

- c. Dilaporkan dalam bentuk perbandingan hasil desain menggunakan kriteria desain yang digunakan saat itu terhadap kriteria desain jembatan gantung sebagaimana terlampir pada surat ini.
6. Penyampaian hasil pengecekan ulang terhadap desain jembatan gantung agar disampaikan melalui alat *e-mail* : pmuditbangtan.binamarga@pu.go.id;

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Tembusan :

1. Direktur Jenderal Bina Marga;
2. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga;
3. Para Direktur di Lingkungan Ditjen. Bina Marga;
4. PPK ESP, Bahan dan Peralatan Jembatan;
5. Ketua Pelaksana Harian PMU Jembatan Gantung dan Rangka Baja Jembatan.

KRITERIA DESAIN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN GANTUNG PEJALAN KAKI SIMETRIS PENGADAAN TAHUN ANGGARAN 2022

1. Umum

Perencanaan jembatan harus memenuhi pokok-pokok perencanaan sebagai berikut :

1. Kekuatan dan stabilitas struktur;
2. Kenyamanan dan keselamatan;
3. Kemudahan (pelaksanaan dan pemeliharaan);
4. Ekonomis;
5. Pertimbangan aspek lingkungan, sosial dan aspek keselamatan jalan;
6. Keawetan dan kelayakan jangka panjang;
7. Estetika.

2. Rujukan

1. Perencanaan struktur jembatan harus mengacu kepada :
 - a. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Nomor 02/SE/M/2010 Tentang Pemberlakuan Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung untuk Pejalan Kaki;
 - b. Peraturan Perencanaan Jembatan (*Bridge Design Code*) BMS 1992 dengan revisi pada :
 - 1) Bagian 2 dengan Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725:2016);
 - 2) Bagian 6 dengan Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan (RSNI T-12 2004), sesuai Kepmen PU No.260/KPTS/M/2005;
 - c. SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa;
 - d. SNI 8460:2017 Tentang Persyaratan Percangan Geoteknik;
 - e. SNI 03-3446-1994 Tata Cara Perencanaan Teknis Fondasi Langsung Untuk Jembatan;
 - f. SNI 03-3447-1994 Tata Cara Perencanaan Teknis Fondasi Sumuran Untuk Jembatan;
 - g. SNI 03-6747-2002 Tata Cara Perencanaan Teknis Fondasi Tiang Untuk Jembatan.
2. Perencanaan jalan pendekat/oprit harus mengacu kepada:
 - a. Standar perencanaan jalan pendekat jembatan (Pd T-11-2003);
 - b. Standar – standar perencanaan jalan yang berlaku (terutama berkaitan dengan geometrik dan perkerasan jalan).
3. Untuk perhitungan atau analisa harga satuan pekerjaan mengikuti ketentuan :
Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
4. Ketentuan – ketentuan lain yang relevan bila tidak tercakup dalam ketentuan – ketentuan diatas, harus mendapat persetujuan Pemberi Tugas.

3. Kriteria

3.1 Umum

1. Umur rencana jembatan standar adalah 50 tahun untuk komponen-komponen utama jembatan (fondasi, bangunan bawah, kabel, *pylon*, gelagar, batang-batang rangka, sistem lantai);

2. Pembebanan Jembatan Gantung Pejalan Kaki menggunakan beban hidup sebesar $3 \text{ kPa} < 2,0 + \frac{120}{L+10} < 5 \text{ kPa}$, dimana L adalah panjang bentang jembatan gantung yang terkait;
3. Geometrik :
 - a. Ruang bebas vertikal dan horisontal di bawah jembatan mengikuti standar/ketentuan perencanaan terhadap karakteristik/pola lalu lintas kapal dengan *free board*, bila tidak ada lalu lintas kapal maka:
 - 1) minimal 0,5 meter (untuk aliran yang dapat dikontrol/saluran irigasi);
 - 2) minimal 1,0 meter (untuk aliran sungai yang tidak membawa hanyutan);
 - 3) minimal 1,5 meter (untuk aliran sungai yang membawa hanyutan dari muka air banjir dengan periode ulang 20 tahun);
 - b. Jembatan harus dilengkapi dengan tangga inspeksi dan dudukan untuk bangunan atas.
4. Material:
 - a. Mutu beton bangunan bawah (*pylon* dan blok angkur) dan fondasi $f_c' 30 \text{ MPa}$ atau minimal $f_c' 20 \text{ MPa}$ untuk daerah sulit (desa);
 - b. Mutu baja tulangan menggunakan BJTP 24 untuk $< D13$, dan BJTD 32 atau BJTD 39 untuk $> D13$, dengan variasi diameter tulangan dibatasi paling banyak 3 ukuran.
5. Untuk memudahkan validasi koreksi atas gambar rencana, gambar rencana diusahakan sebanyak mungkin dalam bentuk gambar tipikal dan gambar standar.

3.2 Standar Bangunan Atas Jembatan Gantung Pejalan Kaki Simetris Pengadaan Tahun Anggaran 2022

1. Jembatan Gantung pengadaan tahun anggaran 2022 merupakan jembatan Gantung simetris dengan variasi bentang yaitu 40 m, 60 m, 80 m, 100 m dan 120 m;
2. Bangunan bawah jembatan gantung terdiri dari blok angkur, *pylon*, dan blok ikatan angin (hanya untuk bentang 100 m dan 120 m);
3. Gaya pada reaksi perletakan dan kabel pada semua variasi jembatan terlampir;
4. Terdapat 3 (tiga) konfigurasi sudut *backstay* untuk perencanaan bangunan bawah dan sistem fondasi, dengan sudut maksimum sebesar 45° . Desain perencanaan bangunan bawah dan fondasi harus didiskusikan dengan Direktorat Pembangunan Jembatan.

3.3 Perencanaan Aliran Sungai

1. Ruang pengawasan jalan untuk jembatan di hulu dan di hilir paling sedikit 100 meter atau ditentukan berdasarkan sifat dan morfologi sungai (minimal 5 kelokan);
2. Bagian sungai jembatan harus dievaluasi minimal 500 meter ke arah hulu/hilir dari jembatan meliputi hidrologi, pola aliran, morfologi sungai, lokasi *scouring* yang membahayakan konstruksi jembatan;
3. Informasi pada point 2 di atas dapat diperoleh dengan menggunakan drone, survey dan data – data yang diperoleh dari instansi terkait dan masyarakat sekitar;
4. Lokasi Jembatan dengan penempatan bangunan bawah menghindari daerah tikungan/belokan sungai dengan kondisi aliran sungai sangat kompleks dipengaruhi oleh aliran tak seragam;
5. Jika penempatan bangunan bawah jembatan tidak dapat menghindari tikungan sungai atau dekat/berada di penampang basah sungai, maka perlu dibangun bangunan pengaman/pelindungjembatan, pengaman tebing, pengarah aliran dan peredam energi air yang disesuaikan dengan kondisi lapangan yang ada.

Memperhitungkan adanya aktivitas eksternal (lingkungan) seperti adanya bangunan air di hulu/hilir jembatan, galian/tambang material di sungai dekat jembatan, dan lain-lain.

3.4 Perencanaan Bangunan Bawah Jembatan (blok angkur, kaki *pylon*)

1. Parameter yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan bawah adalah kondisi topografi, kondisi sungai, kondisi tanah dan bentang jembatan;
2. Dalam perencanaan harus memperhitungkan daya dukung vertikal dan horizontal serta stabilitas bangunan bawah;
3. Perencanaan bangunan bawah menggunakan *Serviceability Limit States* (SLS);
4. Struktur bangunan bawah terbuat dengan material beton $f_c' 30$ MPa kecuali pada daerah sulit (desa) pada bagian atas dan/atau pasangan batu pada bagian bawahnya;
5. Pada blok angkur mempunyai gaya tarik kabel (F) dengan sudut tertentu (α). Gaya tarik tersebut dijadikan gaya vertikal diimbangi oleh berat sendiri struktur (beban mati) dan gaya horizontal (geser) diimbangi tahanan pasif dan gaya geser (beton dengan tanah) dengan memperhatikan tinggi muka air tanah (MAT);
6. Penempatan bangunan bawah menghindari daerah aliran sungai dan aman terhadap gerusan dan/atau longsoran;
7. Pada daerah gerusan bangunan bawah bisa diproteksi dengan bronjong atau dinding turap pasangan batu;
8. Struktur bawah harus direncanakan berdasarkan perilaku jangka panjang material dan kondisi lingkungan, antara lain: selimut beton yang digunakan minimal 30 mm (daerah normal) dan minimal 50 mm (daerah agresif), atau sesuai dengan ketentuan perencanaan yang berlaku.

3.5 Perencanaan Fondasi Jembatan

1. Perencanaan fondasi menggunakan *Working Stress Design* (WSD);
2. Perencanaan fondasi berdasarkan gaya reaksi perletakan dan kabel menggunakan konfigurasi yang sesuai. Apabila dalam konfigurasi terpilih terdapat gaya tarik (*uplift*) pada *pylon*, maka desain fondasi wajib menggunakan fondasi tiang dengan kapasitas daya dukung friksi;
3. Terhadap konfigurasi yang terdapat gaya tarik (*uplift*), daya dukung tiang wajib memperhitungkan masing – masing gaya tarik dan tekan pada kaki *pylon*, bukan resultante antara kedua gaya tersebut;
4. Fondasi direncanakan dengan memperhitungkan potensi scouring yang terjadi melalui analisa hidrolika;
5. Perencanaan fondasi untuk jembatan gantung pejalan kaki adalah :
 - a. Fondasi langsung direncanakan dengan kedalaman maksimal 4 meter;
 - b. Fondasi sumuran direncanakan dengan kedalaman maksimal 6 meter dan diameter 2 meter;
 - c. Fondasi tiang dapat menggunakan *strauss pile* (tiang bor manual) untuk kebutuhan ketersediaan peralatan lokal dengan diameter antara 0,25 s.d 0,4 meter;
 - d. Fondasi dalam lainnya (kondisi khusus) mengikuti kriteria desain jembatan.
6. Jenis fondasi sebaiknya seragam untuk satu lokasi jembatan termasuk dimensi-dimensinya. Adapun kedalaman fondasinya menyesuaikan karakteristik tanah;
7. Fondasi dari tiang pancang pipa baja Grade-2 ASTM-252 yang diisi dengan beton bertulang non-shrinkage (semen type II) dengan mutu material $f_c' 30$ MPa, hingga pada kedalaman 8 meter di bawah dasar sungai (*river bed*), di bawahnya diisi dengan pasir;

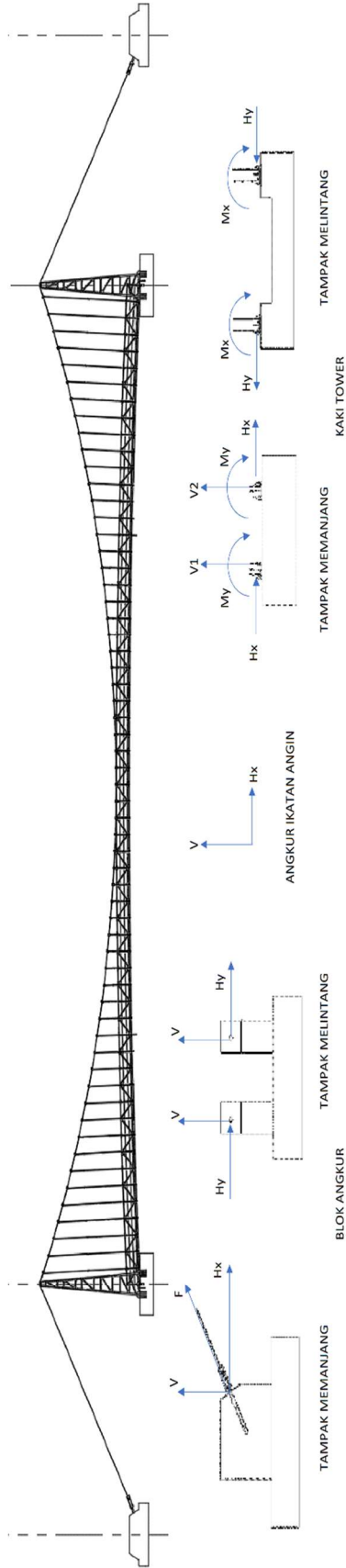
8. Faktor keamanan
 - a. Fondasi langsung dan sumuran, SF daya dukung tanah = 2,0; SF Geser = 1,5 dan SF Guling = 1,5;
 - b. Tiang pancang, SF *Point Bearing* = 3 dan SF *Friction Pile* = 3;
9. Deformasi lateral & penurunan.
 Deformasi lateral dan penurunan pada fondasi tiang dibatasi dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Deformasi lateral fondasi tiang yang diizinkan maksimum 1 inchi atau 2,5 cm yang di bawah *pile cap*;
 - b. Penurunan maksimum fondasi yang diizinkan 1 cm;
 - c. Kedalaman fondasi direncanakan hingga sampai pada tanah keras, apabila tanah keras cukup dalam (> 50 m), maka fondasi dapat direncanakan mengandalkan daya dukung friksi saja dengan batasan penurunan tiang.
10. Kalendering terakhir :
 - a. Tiang Pancang baja: $\leq 2,5$ cm / 10 pukulan & tiang pancang beton 3 - 5 cm / 10 pukulan untuk *end point bearing* dengan jenis *hammer* yang sesuai sehingga dapat memenuhi daya dukung tiang rencana;
 - b. Apabila fondasi direncanakan tidak sampai pada kedalaman tanah keras, maka diwajibkan untuk melakukan uji tiang.

3.6 Perencanaan Jalan Pendekat

1. Tinggi timbunan tidak boleh melebihi H izin sebagai berikut :
 $H_{Kritis} = (c N_c + \gamma D N_q) / \gamma$; nilai c dan γ diperoleh dari hasil uji laboratorium
 $H_{izin} = H_{kritis} / SF$ dengan SF = 1,5;
2. Bila tinggi timbunan melebihi H izin harus direncanakan dengan sistem perkuatan tanah dasar yang telah ada.

3.7 Perencanaan Metode Konstruksi

Perencanaan jembatan gantung harus dilengkapi dengan metode konstruksi yang memperhatikan ketersediaan alat dan material kondisi setempat serta dapat dilaksanakan menurut kondisi lingkungan. Untuk melihat posisi jembatan, morfologi sungai dan alternatif perencanaan pelaksanaan konstruksi dapat menggunakan drone sebagai pendukung data primer.

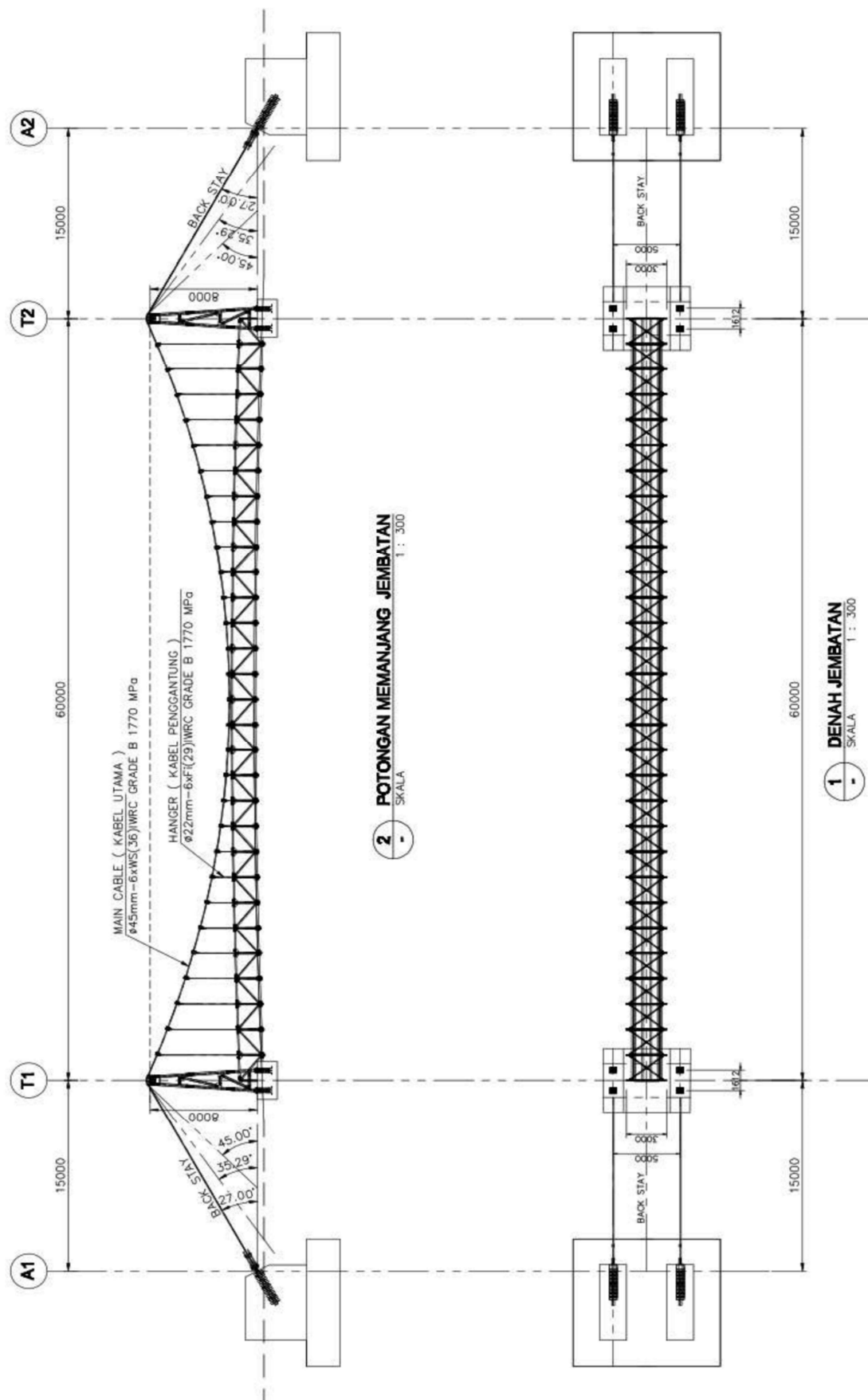


REAKSI GAYA JEMBATAN GANTUNG TIPE RIGID TA 2022 (SLS)

No	Bentang (m)	Kondisi	Panjang B S (m)	α (derajat)	Tinggi Tower (m)	Posisi					Posisi					Posisi	
						Blok Angkur (SLS)			F (kN)	Kaki Tower (SLS)		V1 (kN)		V2 (kN)	Wind Guy Blok Angkur (SLS)		
Hx (kN)	Hy (kN)	V (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)		Hx (kN)	Hy (kN)	V (kN)					
1	40	1	10,00	33,33	6,2	154,90	0,00	92,7974	180,6	10,25	2,71	3,26	-95,34	-144,07			
		2	9,41	35		149,99	0,00	100,595	180,6	12,49	2,76	5,26	3,29	-77,01	-165,72		
		3	6,69	45		127,63	0,00	127,75	180,6	19,64	2,83	8,59	3,39	-31,56	-231,73		
2	60	1	15,00	27	8	406,32	0,00	216,11	460,2	30,26	1,71	11,88	-322,22	-447,19			
		2	11,87	35		385,94	0,00	250,68	460,2	38,96	1,85	13,60	3,61	-182,80	-447,19		
		3	8,51	45		323,85	0,00	326,93	460,2	64,58	1,95	17,80	3,44	-279,88	-932,15		
3	80	1	20,00	30	11	576,10	0,00	314,58	611,6	6,68	18,28	11,07	-442,73	-491,37			
		2	16,26	35		546,47	0,00	363,56	656,4	73,53	6,91	19,85	11,60	-270,31	-679,54		
		3	11,53	45		464,13	0,00	464,10	656,4	113,07	7,72	24,53	12,91	-396,59	-1384,26		
4	100	1	25,00	29	13,5	728,52	0,00	380,43	821,9	137,67	114,62	58,23	77,54	-573,79	-686,34		
		2	19,82	35		683,27	0,00	456,73	821,9	156,12	115,93	61,81	77,38	-330,46	-963,56	80,50	31,99
		3	14,00	45		581,10	0,00	581,21	821,9	199,19	116,68	69,39	78,43	609,55	-1908,84	80,50	31,99
5	120	1	30,00	28	15,75	802,41	0,00	389,28	891,8	71,00	12,83	11,63	25,80	-723,77	-677,27	80,50	31,99
		2	23,05	35		723,20	0,00	521,85	891,8	73,89	11,38	15,73	25,23	-406,42	-1056,60	80,50	31,99
		3	16,24	45		630,35	0,00	630,80	891,8	138,63	3,52	25,36	8,39	1044,32	-2544,28	104,14	46,02

REAKSI GAYA JEMBATAN GANTUNG TIPE RIGID TA 2022 (ULS)

No	Bentang (m)	Kondisi	Panjang B S (m)	α (derajat)	Tinggi Tower (m)	Posisi										Posisi		
						Blok Angkur (ULS)					Kaki Tower (ULS)					Wind Guy Blok Angkur (ULS)	Wind Guy Blok Angkur (ULS)	
						Hx (kN)	Hy (kN)	V (kN)	F (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	V1 (kN)	V2 (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	V (kN)
1	40	1	10,00	33,33	6,2	239,97	0,00	152,59	284,4	16,87	9,31	7,10	10,92	-133,38	-240,71			
		2	9,41	35		217,81	0,00	182,89	284,4	19,41	9,29	8,21	10,96	-113,05	-265,52			
		3	6,69	45		200,19	0,00	201,95	284,4	27,32	9,25	11,80	10,86	-52,91	-342,15			
2	60	1	15,00	27	8	517,82	0,00	291,81	594,4	32,40	13,38	10,26	27,55	-273,04	-548,17			
		2	11,87	35		491,03	0,00	335,02	594,4	43,47	13,42	11,89	27,44	-139,03	-689,40			
		3	8,51	45		420,07	0,00	420,50	594,4	71,32	13,52	16,12	27,75	358,62	-1191,27			
3	80	1	20,00	30	11	734,20	0,00	397,21	834,8	69,49	23,07	15,69	37,90	-494,16	-776,18			
		2	16,26	35		690,66	0,00	468,92	834,8	87,12	22,79	14,94	37,40	-313,05	-975,88			
		3	11,53	45		590,23	0,00	590,29	834,8	128,97	23,15	22,90	38,32	527,82	-1829,83			
4	100	1	25,00	29	13,5	900,95	0,00	500,91	1030,8	119,88	77,88	35,99	98,59	-617,24	-1079,56	111,43	44,30	12,92
		2	19,82	35		856,75	0,00	573,25	1030,8	141,48	24,87	39,66	98,62	-359,28	-1371,86	107,94	42,93	12,49
		3	14,00	45		729,50	0,00	728,29	1030,8	188,96	79,06	47,78	98,66	693,97	-2479,68	107,21	42,64	12,38
5	120	1	30,00	28	15,75	1043,33	0,00	534,17	1172,1	77,64	26,01	15,05	55,52	-818,01	-1181,60	116,62	51,62	14,63
		2	23,05	35		966,93	0,00	662,50	1172,1	104,16	25,66	18,79	54,55	-486,10	-1555,72	119,10	53,16	15,18
		3	15,24	45		828,83	0,00	828,78	1172,1	155,80	26,13	27,76	55,80	923,09	-2985,84	119,85	53,52	15,15



NO	LEMBAR ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
1.	16/03 2025	➤ Parawat latar belakang dengan "latihan" atau sumber-sumber yang berasal dari jurnal / buku / atau lainnya. Dengan sitasi, maka pernyataan di latar belakang lebih kuat. ➤ Gunakan aplikasi Reference Manager utk mengelola sitasi dan daftar pustaka. Pelajari aplikasi Mendeley Reference Manager ➤ Perbaiki ruang lingkup penelitian, sesuaikan dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. ➤ Pada bagian masalah gunakan kriteria Desain polling baru BM 0502-Bt/67 Tahun 2022. ➤ Sistematika penulisan, sesuaikan dg rencana penelitian saudara.	
2.	30/04 2025	➤ Bab II adalah referensi utama berisi teori, konsep, serta indikator yang akan digunakan sebagai pisau analisis. Sehingga perlu definisi yang kuat mengenai konsep yang akan dipakai di penelitian ini. Misal: daya dukung fondasi dangkal dari data sondir, perhitungan penurunan fondasi dangkal, kriteria pembehanan, kombinasi pembehanan, dan reaksi-reaksi seperti F, H_x, dll. Semua disusun sehingga menghasilkan kerangka berpikir penelitian	 Sajikan dibetulkan, asistensi berikutnya, sertakan Bab I.

3 14/07/2025

Untuk Bab III: jadwal penelitian lebih baik dihilangkan. (karena sudah keluar dari jadwal). Selain itu jadwal kegiatan hanya wajib di Proposal, sementara di laporan boleh dihilangkan.

Kalo mau dipertahankan, silahkan diganti sesuai dengan pelaksanaan Penulisan Laporan TA ini.

- Silahkan lanjut ke Bab IV, bisa dimulai dengan deskripsi tanah di lapangan (hasil data Sondir di lapangan)
Informasi yang perlu dicantumkan: titik penempatan sondir atau pengujian, dan deskripsi hasil pengujian (lapisan tanah, kedalaman tanah keras, ataupun informasi lainnya tentang data tanah yang sekiranya perlu).

4 21/07/2025

- Masukkan data pembebanan ULS (digunakan untuk mendesain penulangan). Berikan informasi bahwa desain bangunan bawah menggunakan skema pembebanan SLS (sesuai yang ditunjukkan di Kriteria Desain, poin 3.4)
- Masukkan kombinasi pembebanan jembatan sesuai dengan SNI 1725:2016, gunakan kombinasi Layan 1 dan kombinasi Ekstrim 1.
- Untuk tinjauan stabilitas geser dan guling, SF digunakan 1,50 utk kombinasi Layan 1, dan SF 1,10 utk kombinasi Ekstrim 1.

Lanjutkan Sub Bab 4.3 Preliminary Desain (Desain Awal, Jenis Fondasi dan informasi material yang digunakan)

Sub Bab 4.4 Penentuan Parameter Gempa: Gunakan respon spektrum yang diperoleh dari puskim pu.go.id dengan memasukkan koordinat lokasi dan kelas situs tanah yang diperoleh berdasarkan hasil data sondir/penyelidikan tanah.

Ambil parameter gempa yang diperlukan PGA, SDS, SD1, dll. Untuk kemudian dikombinasikan dengan petunjuk yang ada di SNI 2833:2016 tentang desain gempa untuk jembatan.

5 30/07 2025

Gempa sudah ok
Silahkan lakukan analisis stabilitas geser, guling dan daya dukung ; serta kontrol tegangan di bawah dasar fondasi

6 27/08 2025

- Tinjauan stabilitas sudah ok.
- Lanjutkan ke perhitungan penurunan (settlement).
- untuk tulangan pertimbangan hasil perhitungan atau aplikal dari Kriteria Desain.

03/09

- Pembesaran menggunakan Gambar Standar yang ada di kriteria Desain 2021.
- Lampirkan Kriteria Desain yang digunakan Baik 2022 ataupun 2021.
- Lanjutkan Gambar Berat Pilon A & B serta Blok Angkur A dan B.
- Lanjutkan Bab V



8. 09/09

Angka poison memiliki nilai 0,1 s/d 0,5. Harap dicek kembali perhitungan Settlement. Masih ada angka poison 3. Mungkin salah ketik (untuk di excelnya sudah betul) Silahkan diperbaiki.

Untuk jurnal bisa mulai didraft.

ACC,
Silahkan ke Pembimbing I.



NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	09/09/2015	Pembahasan, Nilai C & kesimpulan	Arya
2	22/09/2015	Dosen & Ujikan	Arya