



“REDESAIN UNDERPASS CANGUK MAGELANG”

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1)
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS**

Disusun Oleh:

Hamilatur Rohmah	21210010
Hanik Atussolihah	21210018

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



**UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI (UNDARIS)**

“REDESAIN UNDERPASS CANGUK MAGELANG”

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

HAMILATUR ROHMAH (21210010)

HANIK ATUSSOLIHAH (21210018)

Tentang persetujuan:

Disetujui,

PEMBIMBING I

Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT.

NIDN. 0604089203

PEMBIMBING II

Khoirudin Fakhri, ST., MT.

NIDN. 0621089603

LEMBAR PENGESAHAN

REDESAIN UNDERPASS CANGUK MAGELANG

Disusun Oleh:

Hamilatur Rohmah

21210010

Hanik Atussolihah

21210018

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:
24 April 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. Agung Hari Wibowo, S.IP.,S.T.,M.T.



Anggota :Khoirudin Fakhri,S.T.,M.T.



Anggota : Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST.,M.Eng



Mengetahui:

**Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS**



Ir. Agung Hari Wibowo, SIP. S.T, M.T.
NIDN. 0019046101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Hamilatur Rohmah

NIM : 20210010

2. Nama : Hanik Atussolihah

NIM : 20210018

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul Redesain Underpass Cangkung Magelang adalah benar dan bebas dari plagiat. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan dari hasil karya kami atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, maka kami bersedia untuk menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ungaran, 4 Maret 2025

Yang membuat pernyataan

Mahasiswa I

A 10,000 Rupiah stamp with the Garuda Pancasila logo and the text "METARAI TEMPEL" and "10000". The stamp number is "1AMX246456639". A signature is written over the stamp.

Hamilatur Rohmah

NIM. 20210010

Mahasiswa II

A 10,000 Rupiah stamp with the Garuda Pancasila logo and the text "METARAI TEMPEL" and "10000". The stamp number is "B9DC7AMX246456640". A signature is written over the stamp.

Hanik Atussolihah

NIM. 20210018

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Tanpa pertolongan-Nya tentu kami tidak akan dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Semoga shalawat serta salam senantiasa terlimpah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, yang syafaatnya kita tunggu di akhirat nanti.

Tugas Akhir yang berjudul "Redesain Underpass Cangkuk Kabupaten Magelang" ini merupakan salah satu representasi dari keilmuan dan pengetahuan yang telah kami peroleh selama kuliah di Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Progran Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik.

Penulis menyadari, tanpa dorongan dan dukungan dari semua pihak penyusunan Tugas Akhir tidak dapat berjalan lancar. Oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT, selaku dosen pembimbing I,
2. Bapak Khoirudin Fakhri, ST., MT, selaku dosen pembimbing II,
3. Bapak Abdullah, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik,
4. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Sipil Undaris,
5. Kedua Orang Tua yang telah mendukung dan mendo'akan hingga detik ini,
6. Rekan-rekan angkatan 2021, dan seluruh Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Undaris.

Semoga dengan penyusunan Tugas Akhir ini dapa menambah ilmu pengetahuan dan pengalaman kepada kami dan berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua rekan-rekan Mahasiswa dilingkungan Teknik Sipil.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tentunya masih banyak kesalahan dan kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran dari pembaca dan semua pihak demi perbaikan dan penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Ungaran, 4 Maret 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	5
LANDASAN TEORI	5
2.1 Peraturan dan Pedoman yang Digunakan	5
2.2 Jembatan Girder	5
2.3 Pembebanan	6
2.3.1 Beban Primer	6
2.3.2 Beban Sekunder	11
2.4 Perencanaan Struktur Atas.....	15
2.4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan dan Trotoar	15
2.4.2 Perencanaan Girder Jembatan	16
2.4.3 Perencanaan Shear Connector	18
2.4.4 Perencanaan Diafragma	18
2.5 Perencanaan Struktur Bawah.....	18
2.5.1 Abutment	18

2.6	Perencanaan Pondasi	22
2.7	Perencanaan Bangunan Pelengkap	29
2.7.1	Elastomer	29
2.7.2	Expansion Joint.....	33
2.7.3	Pelat Injak	35
2.7.4	Wing Wall.....	36
2.8	Penelitian Terdahulu.....	36
BAB III.....		39
METODOLOGI PENELITIAN.....		39
3.1	Data Teknis Kegiatan	39
3.2	Metode perancangan.....	39
3.3	Teknik Pengumpulan Data	39
3.4	Lokasi Kegiatan.....	40
3.5	Bagan Alir Penelitian	41
3.6	<i>Pre- Eleminary Design</i>	42
BAB IV		44
ANALISIS DATA DAN PERENCANAAN STRUKTUR		44
4.1	Tinjauan Umum.....	44
4.2	Penentuan Bahan	45
4.2.1	Beton.....	45
4.2.2	Baja Tulangan.....	46
4.2.3	Balok Prategang.....	46
4.2.4	Elastomer	47
4.3	Perhitungan Struktur Atas	47
4.4.1	Parapet	47
4.4.2	Pelat Lantai Jembatan	50
4.4.3	Girder Beton Prategang.....	75
4.4	Perhitungan Struktur Bawah.....	77
4.4.1	Perencanaan Abutment	77
4.4.2	Perencanaan Pile Cape	95
4.5	Perencanaan Pondasi	107

4.5.1 Perhitungan Daya Dukung <i>Bored Pile</i>	107
4.5.2 Perhitungan Penurunan dan Defleksi Menggunakan Software <i>Allpile</i>	110
4.5.3 Perhitungan Penulangan Menggunakan Software PCA-Coloumn	125
4.5 Perencanaan Bangunan Pelengkap	132
4.7.1 Bearing.....	132
4.7.2 Pelat Injak	135
4.7.3 Wing Wall.....	138
BAB V	142
PENUTUP	142
5.1 Kesimpulan.....	142
5.2 Saran.....	142
DAFTAR PUSTAKA.....	143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Gambar Situasi Kemacetan Cangkuk Sebelum Dibangun	2
Gambar 2.1 Jembatan pelat yang dibebani beban BTR dan BGT	8
Gambar 2.2 Pembebanan Truk “T” (500 KN)	9
Gambar 2.3 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T dan Beban D [3]	10
Gambar 2.4 Gaya Rem per Lajur	12
Gambar 2.5 Diagram tegangan.....	16
Gambar 2.6 Bagan Kehilangan Gaya Prategang.....	17
Gambar 2.7 Bantalan Elastomer	29
Gambar 2.8 Potongan l-l Bantalan Elastomer	30
Gambar 2.9 Pelat Injak Tipe Baru.....	35
Gambar 3.1 Lokasi Rencana Duplikasi Jembatan Cangkuk	40
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	41
Gambar 3.3 Denah Jembatan (<i>Pre-Elementary Design</i>).....	42
Gambar 3.4 Potongan Melintang dan Membujur Jembatan (<i>Pre-Elementary Design</i>).....	43
Gambar 4.1 Brosur PT. WIKA.....	46
Gambar 4.2 Dimensi Balok Girder	47
Gambar 4.3 Potongan parapet melintang	50
Gambar 4.4 Desain Tulangan Parapet.....	50
Gambar 4.5 Pelat Lantai Jembatan.....	50
Gambar 4.6 Respon Spectrum daerah Magelang	54
Gambar 4.7 Respon Spectrum Tanah Sedang di Magelang.....	54
Gambar 4.8 Momen Pada Slab Beton Kendaraan	59
Gambar 4.9 Koefisien Momen Lapangan dan Momen Tumpuan.....	60
Gambar 4.10 Desain Penulangan Pelat Lantai Kendaraan.....	75
Gambar 4.11 Dimensi Girder PT. WIKA	76
Gambar 4.12 Diafragma Precast	76
Gambar 4.13 Desain Tekanan Aktif dan Pasif pada Abutment	77
Gambar 4.14 Dimensi Abutment dan Potongan.....	78
Gambar 4.15 Detail Tulangan Pada Abutment	95
Gambar 4.16 Gaya Reaksi Pile Cap Ditinjau dari Arah X.....	96
Gambar 4.17 Gaya Reaksi Pile Cap Ditinjau dari Arah Y	98

Gambar 4.18 Detail Penulangan Pile Cap Abutment.....	107
Gambar 4.19 Grafik Korelasi Parameter.....	110
Gambar 4.20 Pile Type All pile	112
Gambar 4.21 Pile Profile Allpile.....	112
Gambar 4.22 Select Shape Concrete	113
Gambar 4.23 Pile Properties All Pile	114
Gambar 4. 24 Load Group Allpile	115
Gambar 4.25 Soil Properties Allpile	116
Gambar 4.26 Advanced Page Allpile	116
Gambar 4.27 Submittal Report Allpile	117
Gambar 4.28 Hasil Output Penurunan Allpile	118
Gambar 4.29 Pile type.....	119
Gambar 4.30 Pile Profile.....	120
Gambar 4.31 Selct Shape	121
Gambar 4.32 Pile Propertiese.....	121
Gambar 4.33 Load and Group.....	122
Gambar 4.34 Soil Properties	123
Gambar 4.35 Advanced Page	123
Gambar 4.36 Submittal Report	124
Gambar 4.37 Hasil Output Defleksi Allpile.....	125
Gambar 4.38 Input Project, Options Reinforcing Bars Database	127
Gambar 4.39 Input Material Properties.....	128
Gambar 4.40 Input Section circular, Reinforcement All Sides Equal dan Confinement	129
Gambar 4.41 Input Loads Factored Loads	130
Gambar 4.42 Output Hasil Penulangan PCA-Coloumn.....	131
Gambar 4.43 Detail Penulangan <i>Bored Pile</i>	132
Gambar 4.44 Bearing Pad dan Elastomeric Bearing.....	132
Gambar 4.45 Bearing Pad	135
Gambar 4.46 TaMPak Atas Pelat Injak.....	135
Gambar 4.47 Penulangan Pelat Injak	138
Gambar 4.48 Penulangan Wing Wall.....	141

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Faktor Beban Sendiri	7
Tabel 2.2 Tabel Berat Isi Untuk Beban Mati	7
Tabel 2. 3 Koefisien Seret C_w	13
Tabel 2.4 Kecepatan Angin Rencana V_w	13
Tabel 2.5 Kombinasi Beban Umum untuk Keadaan Batas Kelayanan dan Ultimate	14
Tabel 2.6 Penelitian Penggunaan Pondasi <i>Bored pile</i> daerah Magelang	37

ABSTRAK

Tugas akhir ini menyajikan redesain Underpass Cangkuk di Kota Magelang, yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dan keamanan infrastruktur jalan. Redesain difokuskan pada struktur atas jembatan berupa girder prategang, struktur bawah berupa abutment, serta desain pondasi tiang bor. Metode perancangan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016 tentang Pembebanan Jembatan, dengan dukungan analisis menggunakan perangkat lunak SAP2000. Hasil dari redesain ini adalah detail desain struktural yang memenuhi persyaratan teknis dan diharapkan dapat mengatasi masalah kemacetan serta meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

Kata Kunci : Underpass, Girder Prategang, Desain Struktur, SNI 1725:2016, Arus Lalu Lintas

ABSTRACT

This final project presents the redesign of the Canguk Underpass in Magelang Town, with the aim of improving the capacity and safety of road infrastructure. The redesign focuses on the bridge superstructure in the form of prestressed girders, the substructure in the form of abutments, and the design of bored pile foundations. The design method refers to the Indonesian National Standard (SNI) 1725:2016 concerning Bridge Loading, with the support of analysis using SAP2000 software. The result of this redesign is a detailed structural design that meets technical requirements and is expected to address congestion problems and improve road user safety.

Keywords: *Underpass, Prestressed Girder, Structural Design, SNI 1725:2016, Traffic Flow*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan jembatan merupakan salah satu upaya meningkatkan aktivitas perekonomian dan menunjang kelancaran lalu lintas pada daerah satu dengan daerah lainnya. Sebagai langkah awal diperlukan suatu perencanaan Teknik yang cermat sehingga menghasilkan detail desain jembatan yang tepat dan efisien untuk memenuhi standar yang ditetapkan.

Salah satu tipe bangunan atas yang paling umum digunakan di Indonesia adalah Girder Prategang. Jembatan dengan Girder Prategang adalah balok beton yang dibuat diluar lokasi kemudian dipasang dilokasi kerja. Jembatan dengan Girder prategang menawarkan fleksibilitas yang luar biasa dalam berbagai rentang bentang, menjadikannya pilihan yang sangat efektif dalam berbagai situasi konstruksi.

Untuk bentang diatas 30 meter Girder dianjurkan menggunakan beton prategang, bentang jembatan 30-60 meter dianjurkan menggunakan baja komposit, bentang yang melebihi 60 meter digunakan jembatan rangka atau lengkung, dan bentang melebihi 80 meter dapat menggunakan jembatan struktur rangka. Jembatan Girder prategang menunjukkan efisiensi biaya dan kemudahan konstruksi yang optimal, dengan Girder I (I-Girder) menjadi jenis yang paling umum digunakan. Keunggulan Jembatan Prategang jika di bandingkan jembatan tipe lainnya antara lain, lebih kuat memikul beban lentur dibandingkan bertulang, penampang struktur lebih ramping karena luas penampang dipakai secara efektif, bobot baja prategang jauh lebih kecil dari bobot baja tulangan biasa, retak pada daerah tarik dapat dihindari sehingga aman terhadap korosi, dapat dipakai pada bentang yang lebih panjang, serta dapat dipakai pada rekayasa konstruksi tertentu seperti jembatan segmental.

Dalam menciptakan suatu sistem transportasi yang lancar, semua prasarana harus terdesain dan terencana keandalannya, termasuk Jembatan. Tulisan ini merupakan Tugas Akhir yang disusun sebagai syarat menempuh Sarjana Teknik Sipil mengambil tema tentang perancangan jembatan.

Perancangan jembatan dilakukan dengan mengambil lokasi Underpass Cangkuk di Kota Magelang.

Jembatan atau Underpass Cangkuk berada di Ruas Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Soekarno-Hatta, Kota Magelang. Kedua ruas ini termasuk dalam kategori Jalan Arteri Primer dengan kecepatan rencana 60-80 km/jam. Jalan tersebut sebelumnya memiliki simpang sebidang yang rawan kemacetan pada jam-jam tertentu. Perkembangan berbagai sektor di daerah tersebut, diikuti pula dengan pertumbuhan dan perkembangan arus lalu lintas, khususnya angkutan barang dan jasa pada umumnya. Terlebih di daerah tersebut merupakan jalur vital yang menghubungkan Semarang dan Yogyakarta.



Gambar 1.1 Gambar Situasi Kemacetan Cangkuk Sebelum Dibangun

Hal ini menyebabkan arus lalu lintas kendaraan berat dan bus makin meningkat. Oleh karena itu diperlukan adanya sarana jalan dan jembatan yang memadai. Salah satu sarana yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut adalah pembangunan simpang tidak sebidang berupa jembatan atau underpass.

Underpass adalah tembusan di bawah permukaan tanah terutama merupakan bagian dari jalan, jalan rel, atau jalan bagi pejalan kaki. Fungsi penggunaan underpass diantaranya adalah memperbaiki geometrik jalan sehingga dapat memberikan rasa nyaman dan aman bagi pengendara bermotor atau pejalan kaki.

1.2 Rumusan Masalah

Pada Jembatan prategang pada Ruas Jalan Urip Sumohardjo dan Jalan Soekarno Hatta akan membahas beberapa permasalahan diantaranya:

1. Bagaimana desain struktur atas jembatan cangkuk?
2. Bagaimana desain struktur bawah jembatan cangkuk?
3. Bagaimana desain Pondasi jembatan cangkuk?
4. Bagaimana desain bangunan pelengkap jembatan cangkuk?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Melakukan redesain struktur atas underpass cangkuk
2. Melakukan redesain struktur bawah underpass cangkuk
3. Melakukan redesain Pondasi underpass cangkuk
4. Melakukan redesain bangunan pelengkap underpass cangkuk

Kegiatan ini memberikan manfaat signifikan bagi kalangan akademisi, terutama dalam memperdalam pemahaman tentang desain infrastruktur. Melalui kegiatan ini, akademisi dapat memperoleh pengetahuan mendalam mengenai desain struktur atas dan bawah underpass Cangkuk, yang meliputi perencanaan teknis dan perhitungan yang terlibat. Selain itu, mereka juga dapat mempelajari desain Pondasi yang kokoh dan sesuai dengan kondisi tanah setempat, serta desain bangunan pelengkap yang menunjang fungsi dan keamanan underpass secara keseluruhan. Pengetahuan ini sangat berharga untuk pengembangan kurikulum, penelitian lanjutan, dan penerapan praktis dalam proyek-proyek infrastruktur di masa depan.

Sementara untuk masyarakat umum, TA ini bermanfaat sebagai bahan bacaan dan tambahan wawasan mengenai perancangan sebuah konstruksi Jembatan atau Underpass.

1.4 Batasan Penelitian

Untuk fokus penelitian, maka batasan penelitian yang diberikan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan yang dilakukan adalah konstruksi Jembatan tipe Girder Prategang serta reaksi girder sendiri menggunakan Vu dari brouser yang diperoleh.
2. Jembatan terdiri dari 1 bentang, yakni bentang 30 meter.

3. Rujukan pembebanan yang dipakai adalah SNI 1725:2016 Tentang Pembebanan Jembatan.
4. Penelitian ini tidak termasuk perhitungan estimasi biaya dan time scheduling.
5. Penelitian ini hanya membahas bangunan berupa struktur jembatan saja.
6. Penelitian ini tidak melakukan kalkulasi Rekayasa Lalulintas pada Underpass baik itu perencanaan jalur, rambu-rambu dan marka jalan, dan pengalihan arus lalu lintas.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir dengan judul “*Redesain Underpass Cangkuk Kota Magelang*” ini dibagi menjadi beberapa bab dengan materi sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang uraian dasar teori yang digunakan dalam Tugas Akhir ini. Teori-teori ini yang kemudian menjadi dasar penulisan Tugas Akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai detail dari metodologi perencanaan yang meliputi data teknis proyek, teknik pengumpulan data, lokasi proyek, redesign jembatan.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PERENCANAAN STRUKTUR

Bab ini membahas mengenai analisis pembebanan dan membahas perhitungan dari setiap aspek jembatan sesuai dengan kaidah dan spesifikasi teknis yang berlaku.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan kesimpulan dan saran mengenai hasil perhitungan dan perencanaan struktur jembatan tersebut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Peraturan dan Pedoman yang Digunakan

Peraturan-peraturan yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir berjudul “*Redesain Underpass Canguk Kota Magelang*” ini antara lain sebagai berikut:

1. SNI 1725:2016, Peraturan Standar Pembebanan Untuk Jembatan,
2. RSNI T-12-2004, Standar Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan,
3. SNI 2838:2008, Standar perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan,
4. BMS (Bridge Management System) 1992, Perencanaan Perletakan Elastomer,
5. Surat Edaran Direktur Jendral Bina Marga No 06/SE/Db/2021 tentang Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan.

2.2 Jembatan Girder

Kata Girder sendiri diambil dari Bahasa Inggris, yaitu Girder. Jembatan Girder merupakan jenis jembatan yang paling umum dan paling sederhana di Indonesia. Dasarnya terdiri dari balok horizontal yang setiap ujungnya didukung oleh abutment.

Jembatan Girder telah ada selama ribuan tahun dalam berbagai bentuk seperti pancaran, lengkungan dan ayunan, dan Bangsa Romawi kuno dikenal sebagai salah satu pionirnya. Jenis jembatan ini telah dibangun oleh manusia sejak zaman kuno, dengan desain awal yang jauh lebih sederhana daripada apa yang dapat kita lihat saat ini. Seiring kemajuan teknologi, metode-metode jembatan Girder pun ditingkatkan, hingga saat ini masyarakat umum dapat menjumpai girder dari beton pracetak. Beton pracetak merupakan beton yang telah dicetak di pabrik sebelum dibawa ke tempat pembangunan jembatan atau flyover untuk kemudian dipasang menggunakan girder crane.

Ada beberapa jenis girder atau Girder yang digunakan pada infrastruktur Indonesia:

1) I-Girder

I-Girder adalah salah satu girder yang paling umum digunakan dalam konstruksi jembatan. Jembatan I-girder lebih ekonomis, mudah untuk dirancang

dan dibangun. Di Indonesia, setiap produsen pabrikasi girder pasti mempunyai cetakan untuk jenis I-girder.

2) Box Girder

Box girder merupakan girder yang berbentuk box dengan sayap di bagian atas. Box girder sering digunakan dalam pembangunan jalan layang dan jembatan yang memiliki bentang yang panjang. Proses produksi box girder ini terbilang lebih rumit dibandingkan pembuatan I-Girder.

3) U Girder

Balok girder yang berbentuk huruf U memiliki keistimewaan yang terletak pada susunan tendonnya yang berpasang-pasangan. Susunan ini mengharuskan penarikan kabel strand pada girder menggunakan dua dongkrak sekaligus.

4) T-Girder

Pada Girder jenis ini, girder dan plat lantai jembatan menyatu. T-girder sering digunakan untuk jembatan pejalan kaki dan bisa disusun untuk memiliki bentang yang lebih panjang dari I Girder.

Perencanaan Jambatan atau Underpass Cangkuk dalam Tugas Akhir ini menggunakan Girder type I. (Tbk, 2022)

2.3 Pembebanan

Peraturan pembebanan yang digunakan dalam perencanaan jembatan ini adalah SNI 1725:2016 Standar Pembebanan untuk Jembatan. Beban-beban yang bekerja harus diperhitungkan dalam perhitungan meliputi beban primer dan beban sekunder.

2.3.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban utama dalam perhitungan tegangan perencanaan jembatan. Beban primer terdiri dari:

2.3.1.1 Beban Berat Sendiri

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut. Berikut di tabelkan faktor beban untuk masing-masing bahan jembatan.

Tabel 2.1 Tabel Faktor Beban Sendiri

Jangka waktu	Load factor/Faktor beban		
	Bahan	K_{MS}^U	
		biasa	terkurangi
Tetap	Baja, Alumunium	1.1	0.9
	Beton Pracetak	1.2	0.85
	Beton dicor ditempat	1.3	0.75
	Kayu	1.4	0.7

Sumber: SNI 1725:2016, Pembebanan Untuk Jembatan

2.3.1.2 Beban Mati

Beban mati tambahan adalah berat seluruh badan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural.

Tabel 2.2 Tabel Berat Isi Untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (kg/m ³)
1	Campuran alumunium	26.7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22	2240
3	Besi tuang	71	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2320
6	Aspal beton	22	2240
7	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
8	Beton	22.0-25.0	2240-2560
9	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
10	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
11	Timbal	111	11 400
12	Lempung lepas	12.5	1280
13	Batu pasangan	23.5	2400
14	Neoprin	11.3	1150
15	Pasir kering	15.7-17.2	1600-1760
16	Pasir basah	18.0-18.8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17.2	1760
18	Baja	77	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11	1120
21	Air murni	9.8	1000
22	Air garam	10	1025
23	Besi tempa	75.5	7680

Sumber: SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan

(Agung Hari Wibowo, 2020)

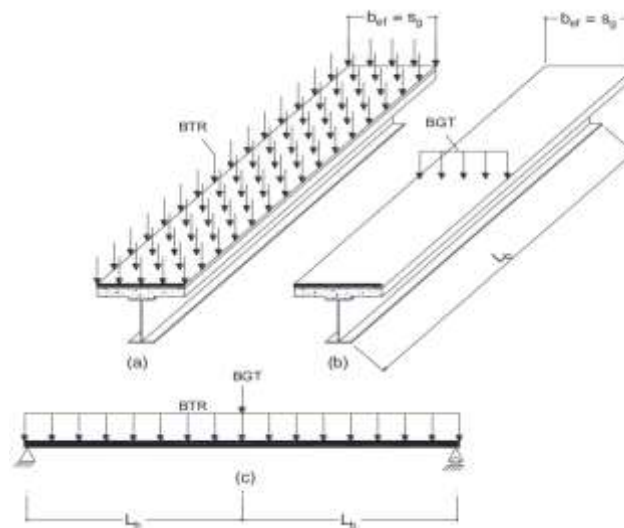
2.3.1.3 Beban Lalu-lintas

1. Beban lajur D

Untuk tinjauan efek beban lalu lintas terhadap struktur atas jembatan, maka perlu disesuaikan dengan jenis beban yang bekerja.

Berdasarkan SNI 1725:2016, beban lalu lintas terdiri dari beban “T” (truk) dan beban “D” (beban merata). Intensitas beban “T” dan beban “D” diatur dalam SNI 1725:2016.

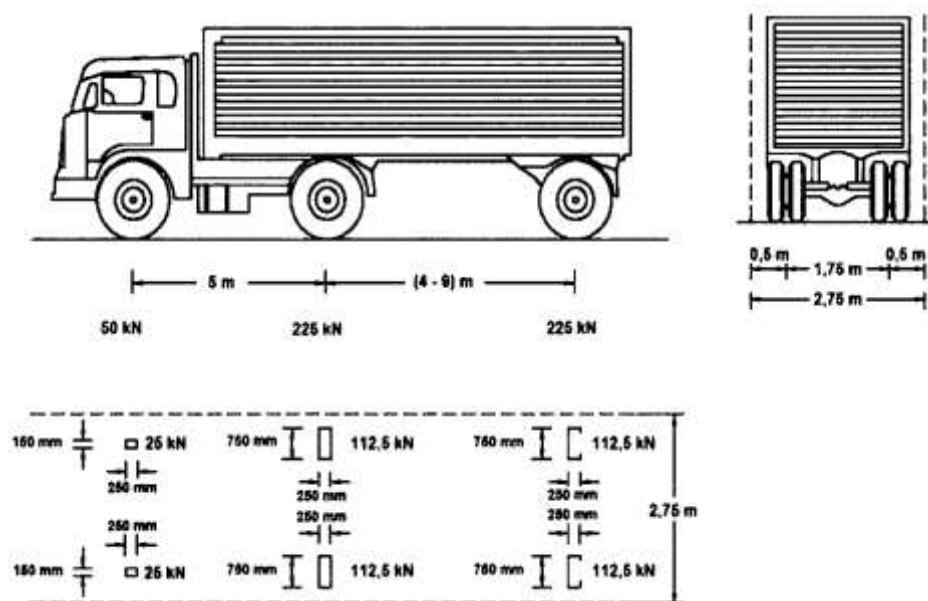
Untuk analisis pengaruh beban “D”, beban lalu lintas dimodelkan sebagai beban merata (BTR) dan beban terpusat (BGT) di atas balok satu dimensi. Beban BTR dan BGT diterapkan pada jembatan dengan area penerapan beban adalah sepanjang jembatan dan selebar jalan raya pada jembatan. Besarnya beban BTR dan BGT dihitung berdasarkan lebar tributari pelat dimana lebar tributari yang digunakan sama dengan lebar tributari pelat untuk menghitung pengaruh beban mati seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.4 (c). Besar beban BTR diperoleh dari perkalian antara beban BTR (kN/m^2) dengan lebar efektif pelat sehingga diperoleh beban merata per meter panjang (kN/m). Beban garis BGT (kN/m) dikalikan dengan lebar efektif sehingga diperoleh beban terpusat dengan satuan kN. Pemodelan struktur jembatan terhadap beban “D” untuk kasus jembatan bentang sederhana diperlihatkan seperti pada Gambar 2.5. Untuk jembatan bentang menerus, pembebanan harus diatur sedemikian rupa sehingga memberikan pengaruh geser dan momen maksimum sesuai dengan SNI 1725:2016.



Gambar 2.1 Jembatan pelat yang dibebani beban BTR dan BGT

2. Beban Truk T

Selain beban lajur “D” terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk “T”. Beban truk tidak dapat diterapkan bersamaan dengan beban “D”. Besarnya beban truk “T” dapat diterapkan untuk perhitungan struktur seperti yang tertera pada Gambar 2. Besarnya beban truk “T” dalam SNI 1725:2016 masih sama dengan RSNI-T02-2005, dengan total pembebanan truk sebesar 500 kN. Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat pada Gambar 2. Berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut dapat diubah-ubah dari 4 sampai dengan 9 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 2.2 Pembebanan Truk “T” (500 KN)

Sumber: SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan

Posisi dan distribusi beban truk “T” dalam arah melintang jembatan dilakukan dengan cara menempatkan beban truk “T” di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana. Distribusi beban truk dengan mempertimbangkan nilai S (jarak rata-rata antara balok memanjang) seperti yang tertera dalam

RSNI T-02-2005, pada SNI 1725:2016 ini sudah tidak perlu dilakukan lagi.

3. Beban Dinamis

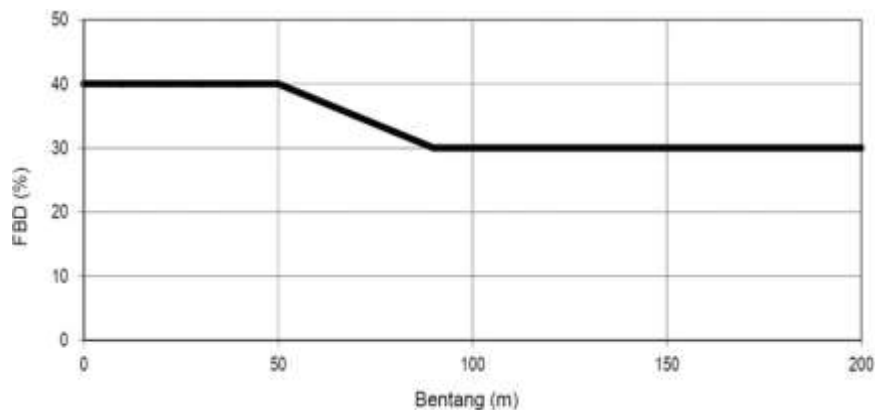
Faktor beban dinamik (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dan jembatan. FBD tidak perlu diterapkan pada beban pejalan kaki atau beban terbagi rata BTR. Besarnya BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dan dikali dengan nilai FBD. FBD ini harus diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. FBD merupakan fungsi panjang bentang yang nilainya ekuivalen. Untuk bentang tunggal, panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus, panjang bentang ekuivalen (LE) dengan Persamaan 3 berikut.

$$L_E = \sqrt{L_{ev} L_{\max}}$$

Keterangan :

L_{ev} : adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambung secara menerus

$L_{\max}$: adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus



Gambar 2.3 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T dan Beban D [3]

Sumber: SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan
(Setiyarto, 2019)

4. Beban Trotoar atau Beban Pejalan Kaki

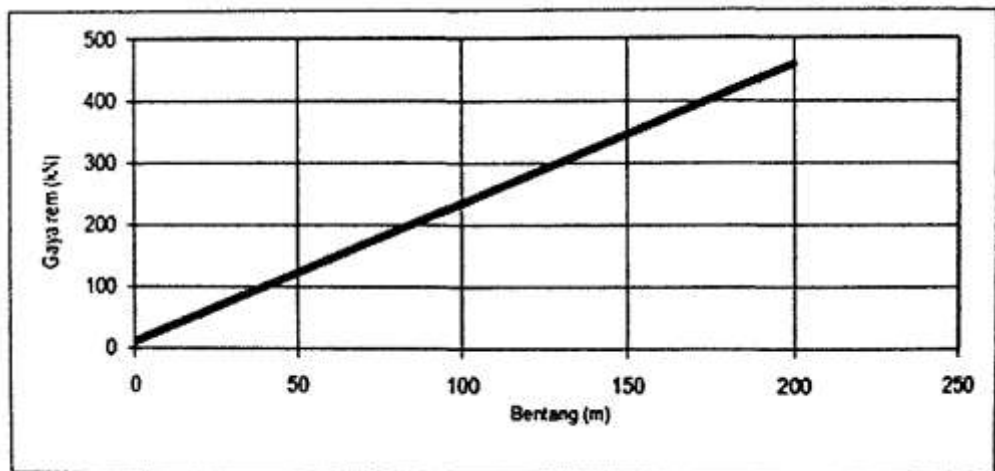
Dalam perencanaan jembatan, beban trotoar atau beban pejalan kaki merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhitungkan. Beban ini termasuk dalam kategori beban hidup, yaitu beban yang dapat berubah-ubah selama masa pakai jembatan. Perhitungan beban trotoar melibatkan perkiraan jumlah dan berat pejalan kaki yang mungkin berada di atas trotoar secara bersamaan. Standar dan pedoman perencanaan jembatan, seperti Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (PPPJJR), biasanya memberikan nilai standar untuk beban trotoar, misalnya 500 kg/m². Selain beban vertikal dari berat pejalan kaki, beban horizontal seperti beban orang bersandar juga perlu diperhitungkan. Perhitungan beban trotoar yang akurat sangat penting untuk memastikan keamanan dan kenyamanan pejalan kaki, serta untuk mencegah kerusakan struktur jembatan akibat beban berlebih.

2.3.2 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk dalam beban sekunder diantaranya:

2.3.2.1 Beban Rem

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh gaya ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban "ID" tanpa koefisien kejutan yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus $q = 9$ kPa. Tanpa melihat seberapa lebar jalur lalu-lintas di atas jembatan, gaya memanjang yang bekerja akibat gaya rem diperhitungkan berdasarkan grafik berikut:



Gambar 2.4 Gaya Rem per Lajur

Sumber: SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan

2.3.2.2 Gaya Angin

Gaya nominal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:

$$Tew = 0,0006 C_w (vw) 2A_b \text{ (dalam kN)}$$

dengan pengertian

V_w adalah kecepatan angin rencana (m/det) untuk keadaan batas yang ditinjau.

C_w adalah koefisien seret (Tabel 2.3, Koefisien Seret C_w).

A_b adalah luas koefisien bagian samping jembatan (m^2).

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. (RSNI T-02-2005)

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas jembatan, apabila suatu kendaraan sedang berada di atas jembatan beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti rumus berikut ini: (RSNI T-02-2005)

$$Tew = 0,0012 C_w (vw) 2A_b \text{ (dalam kN)}$$

Dimana $C_w = 1,2$

Tabel 2. 3 Koefisien Seret C_w

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2

Catatan 1) b = adalah lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran.

d = adalah tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif.

Catatan 2) Untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasikan linear.

Catatan 3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3% untuk setiap derajat superelevasi dengan kenaikan maksimum sebesar 2,5%.

Sumber: SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan

Tabel 2.4 Kecepatan Angin Rencana V_w

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Sumber: SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan

2.3.2.3 Kombinasi Beban

Kombinasi beban pada keadaan batas ultimit terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu pengaruh aksi sementara. Sebagai ringkasan dari kombinasi beban yang lazim diberikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2.5 Kombinasi Beban Umum untuk Keadaan Batas Kelayanan dan Ultimate

Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen:												
Berat sendiri												
Beban mati tambahan												
Susut rangk	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pratekan												
Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
Tekanan tanah												
Penurunan												
Aksi Transien:	X	O	O	O	O		X	O	O	O	O	
Beban lajur "D" atau beban Truk "T"												
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	O	O	O	O		X	O	O	O		
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O		O
Pengaruh suhu	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O		O
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	O		O	X	O	O	O		X	O		O
Beban angin			O	O	X	O	O		O	X		O
Aksi khusus:											X	
Gempa												
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan						X						X
"X" berarti beban yang selalu aktif "O" berarti beban yang boleh di kombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.	(1) = aksi permanen "x" KEL + beban aktif "x" KEL + 1 beban "o" KEL (2) = aksi permanen "x" KEL + beban aktif "x" KEL + 1 beban "o" KEL + 0.7 beban "o" KBL (3) = aksi permanen "x" KEL + beban aktif "x" KEL + 1 beban "o" KEL + 0.5 beban "o" KBL + 0.5 beban "o" KBL						Aksi permanen "x" KBU + beban aktif "x" KBU + 1 beban "o" KBL					

Sumber: SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan

Keterangan:

Dalam keadaan batas daya layan pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda "X" untuk kombinasi tertentu dimasukkan dengan faktor beban daya layan penuh. Butir dengan tanda "O" dimasukkan dengan faktor beban daya layan yang sudah diturunkan harganya.

Dalam keadaan batas ultimit pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda "X" untuk kombinasi tertentu dimasukkan dengan faktor beban ultimit penuh. Butir dengan tanda "O" dimasukkan dengan harga yang sudah diturunkan yang besarnya sama dengan beban daya layan.

Beberapa aksi tetap berubah menurut waktu secara perlahan-lahan. Kombinasi beban untuk aksi demikian harus dihitung dengan harga rencana maksimum dan minimum untuk menemukan pengaruh yang paling berbahaya. (Agung Hari Wibowo, 2020)

2.4 Perencanaan Struktur Atas

2.4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan dan Trotoar

Pelat lantai kendaraan merupakan komponen jembatan tempat berpijaknya kendaraan. Dalam tulisan ini pelat lantai kendaraan direncanakan terbuat dari struktur beton. Plat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal (t_s) yang memenuhi kedua ketentuan sebagai berikut:

1. Ketebalan $t_s \geq 200$ (mm)
2. Ketebalan $t_s \geq 100 + 0,04 L$ (mm)

dimana t_s adalah tebal minimum dan L adalah panjang bentang.

Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan dan Trotoar

Pembebanan yang terjadi pada pelat lantai kendaraan adalah sebagai berikut:

1. Beban mati yang terdiri dari berat lapisan aspal, berat sendiri pelat lantai, dan berat air hujan. Dari pembebanan ini diperoleh QDL-ult.
2. Beban dari kendaraan bergerak

Adapun pembebanan yang terjadi pada trotoar adalah:

1. Beban mati terdiri atas berat finishing trotoar, berat trotoar, dan berat air hujan.
2. Beban hidup dari beban pejalan kaki.

Penulangan Pelat Lantai Kendaraan dan Trotoar

Momen ultimate (M_u) diperoleh dari software SAP 2000 versi 22

- Perhitungan Tulangan Rangkap

$$d = \text{tebal pelat lantai} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} D \text{ tulangan}$$

$$A_s = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2 b}{\text{jarak yang direncanakan}}$$

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b}$$

- Tegangan tekan pada serat beton

$$C_c = 0.85 f_c a b$$

- Tegangan tekan pada serat baja

$$C_s = A_s' (f_s' - 0.85 f_c)$$

- Kekuatan momen yang terjadi

$$M_n = C_c Z_1 + C_s Z_2$$

- Kekuatan momen rencana

$$M_r = \phi M_n, \text{ dimana } \phi = 0.8$$

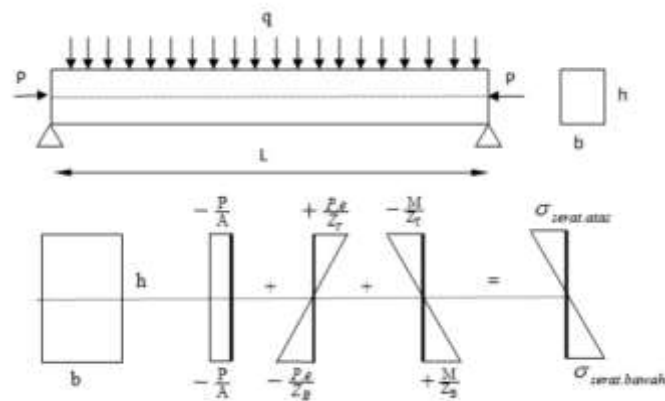
- Kekuatan momen rencana (ϕM_n) harus lebih besar atau sama dengan momen ultimate (M_u).

$$M_r = \phi M_n > M_u$$

(Agung Hari Wibowo, 2020)

2.4.2 Perencanaan Girder Jembatan

Girder jembatan dalam Perencanaan Jembatan atau Underpass Cangkuk Kota Magelang adalah beton prategang. Konsep beton prategang sendiri adalah pemberian gaya prategang atau tegangan kepada kabel prategang yang diaplikasi dalam beton. Pemberian gaya prategang dapat dilakukan sebelum atau sesudah beton dicor. Pemberian prategang sebelum dilakukan pengecoran disebut juga pratarik (*pretensioned*), sedangkan pemberian prategang setelah dilakukan pengecoran disebut sistem pascatarik (*post-tensioned*). Pemberian gaya prategang pada beton akan memberikan tegangan tekan pada penampang. Tegangan ini akan menahan beban luar yang bekerja pada penampang.



Gambar 2.5 Diagram tegangan

Dari diagram tegangan diatas dapat disimpulkan resultan tegangan di serat atas maupun serat bawah adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{\text{serat atas}} = -\frac{P}{A} + \frac{P \cdot e}{Z_T} - \frac{M}{Z_T}$$

$$\sigma_{\text{serat bawah}} = -\frac{P}{A} - \frac{P \cdot e}{Z_T} + \frac{M}{Z_T}$$

$\sigma_{\text{serat atas}}$ = tegangan pada serat atas beton

$\sigma_{\text{serat bawah}}$ = tegangan pada serat bawah beton
 P = gaya prategang
 A = luas penampang beton
 e = eksentrisitas
 Z_T = modulus penampang serat atas beton
 M = momen yang terjadi

Beton prategang mengalami beberapa tahap pembebanan. Setiap pembebanan, beton prategang harus dilakukan pengecekan saat kondisi serat tertekan maupun saat tertarik. Tahap pembebanan pada beton prategang adalah: (1) masa peralihan (*transfer*); (2) masa layan (*service*). Dengan batas ijin tegangan untuk masa peralihan dan masa layan sesuai dengan RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan adalah sebagai berikut:

Masa Peralihan:

$$\begin{aligned}\text{Serat Tertekan} &= 0.6 f'_{ci} \\ \text{Serat Tertarik} &= 0.25\sqrt{f'_{ci}}\end{aligned}$$

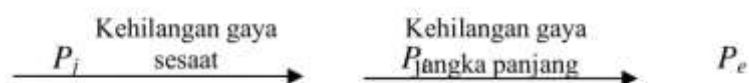
Masa Layan:

$$\begin{aligned}\text{Serat Tertekan} &= 0.45 f'_c \\ \text{Serat Tertarik} &= 0.5\sqrt{f'_c}\end{aligned}$$

Nilai f'_{ci} adalah $0.7 f'_c$

Kabel baja prategang akan mengalami kehilangan saat di mana gaya prategang mengalami kehilangan gaya pada setiap pembebanan yang dilakukan hingga menjadi gaya prategang efektif pada saat akhir yaitu masa layan. Kehilangan gaya sesaat (*Immediate loss*) dialami oleh gaya prategang saat masa peralihan berlangsung. Kehilangan gaya sesaat disebabkan oleh perpendekan elastis pada beton maupun tendon, gesekan yang terjadi pada kabel dan gesekan pada angkur. Sedangkan kehilangan gaya pada masa layan disebut kehilangan gaya jangka panjang (*time-dependent losses*).

Hilangnya gaya ini disebabkan oleh susut dan rangkai pada beton dan relaksasi pada baja. Berikut ini adalah bagan kehilangan gaya dalam prategang.



Gambar 2.6 Bagan Kehilangan Gaya Prategang

2.4.3 Perencanaan Shear Connector

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan girder harus dipikul oleh sejumlah shear connector, sehingga tidak terjadi slip pada masa layan. Kekuatan penghubung geser dipengaruhi oleh beberapa hal seperti:

1. Jumlah Penghubung geser
2. Tegangan longitudinal rata-rata dalam pelat beton disekeliling penghubung
3. Ukuran, penataan dan kekuatan tulangan pelat disekitar penghubung
4. Ketebalan beton di sekeliling penghubung
5. Derajat kebebasan dari setiap dasar pelat untuk bergerak secara lateral dan kemungkinan terjadinya gaya tarik ke atas (*up lift force*) pada penghubung
6. Daya lekat pada antar muka beton-baja
7. Kekuatan pelat beton
8. Tingkat kepadatan pada beton disekeliling setiap dasar penghubung

2.4.4 Perencanaan Diafragma

Perencanaan diafragma menggunakan simple beam yaitu diafragma dianggap beban sendiri sehingga hanya menerima berat beban sendiri. Adapun fungsi sebagai pengunci dan pengaku antar girder agar tidak terjadi guling. Pada Girder diberi pengaku samping yang berupa balok diafragma yang berfungsi sebagai pengaku samping yang merupakan dukungan lateral dengan jarak. Sehingga dengan adanya diafragma membantu jembatan menjadi lebih aman. Perhitungan pembebanan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$W_d = b \cdot h \cdot \text{berat jenis beton}$$

$$W_u = 1,3 \cdot W_d$$

$$M_A = M_B = 121 \cdot W_u \cdot L^2$$

Pada penelitian ini perancangan struktur atas hanya dilakukan pada pelat lantai. Sementara untuk Balok Girder dan Shear Connector menggunakan standar pabrikasi sesuai bentang dan beban rencana. (Verdian Rezky HP, 2020)

2.5 Perencanaan Struktur Bawah

2.5.1 Abutment

Struktur abutment berfungsi sebagai dinding penahan tanah dan memikul beban dari struktur atas dan meneruskan beban-beban tersebut ke Pondasi. Sehingga beban-beban yang bekerja pada abutment adalah beban horizontal yang

berasal dari tekanan tanah dan beban gempa serta beban vertikal yang berasal dari beban mati dan beban hidup kendaraan. Dalam menganalisis struktur abutment, struktur bawah diasumsikan sebagai struktur kantilever dengan posisi jepit pada top pile cap. Berikut adalah beberapa tahapan analisis struktur abutment:

- 1) Abutment dimodelkan sebagai elemen garis, berat sendiri abutment dimodelkan sebagai beban terpusat di ujung kantilever dengan arah beban ke bawah. Besar beban mati yang berasal dari berat sendiri abutment ditentukan berdasarkan perkalian antara volume abutment (luas penampang abutment dikalikan dengan panjang abutment) dengan berat isi material abutment (berat isi beton),
- 2) Beban mati (MA dan MS) dan beban hidup kendaraan yang berasal dari struktur atas ditentukan berdasarkan reaksi tumpuan (jumlah total reaksi tumpuan) dan dimodelkan sebagai beban terpusat berarah ke bawah pada ujung kantilever,
- 3) Efek tekanan lateral ditimbulkan dari timbunan yang berada di belakang abutment dan tekanan tanah lateral meningkat akibat adanya pengaruh beban hidup kendaraan dijadikan sebagai beban merata pada abutment yang bekerja tegak lurus terhadap struktur kantilever abutment,
- 4) Beban gempa EQ yang bekerja pada abutment ditentukan berdasarkan massa dari struktur atas yang dimodelkan sebagai beban terpusat horizontal di puncak abutment. Jika tumpuan Girder yang digunakan di atas abutment adalah tipe move pada arah yang ditinjau, maka beban gempa pada arah tersebut tidak perlu diperhitungkan,
- 5) Pengaruh beban (momen) yang digunakan dalam perencanaan tulangan lentur diperoleh dari kombinasi pembebanan yang dibagi dengan panjang abutment sehingga diperoleh pengaruh beban (momen) persatuan panjang (kN.m/m).

Gaya-Gaya Pada Abutment

Keterangan:

- Pa1, Pa2, Pa3 = Gaya tekan aktif tanah pada belakang abutment
Pp1, Pp2 = Gaya tekan pasif tanah pada depan abutment
G = Berat sendiri abutment
G1 = Gaya gempa akibat bangunan atas

Hg = Gaya gesek akibat tumpuan bergerak

Hrm = Gaya akibat rem

Rvd = Gaya tekan akibat beban dari atas

- Gaya-gaya yang bekerja pada abutment

a) Gaya akibat beban mati

b) Gaya Horizontal akibat gesekan tumpuan bergerak (Hg)

Koefisien gesekan = 0,25 (PPPJJR/1987 pasal 2.6.2)

$$H_{\text{gesekan}} = \text{Koefisien}_{\text{gesekan}} \times R_{\text{vd}}$$

$$R_{\text{vd}} = \frac{P_{\text{total}}}{2} =$$

c) Gaya akibat muatan hidup

$$R_{\text{ql}} = \frac{q}{2,75} \times l = \dots \text{ ton}$$

$$R_{\text{pl}} = \frac{q}{2,75} \times k \times l = \dots \text{ ton}$$

$$\text{koefisien kejut} = 1 + \text{ton} \frac{20}{50 + 1} = \dots \text{ ton}$$

d) Gaya akibat rem dan traksi

Diperhitungkan 5% dari beban D tanpa koefisien kejut dengan titik tangkap 1,8 m diatas permukaan lanantai kendaraan (PPPJJR /1987 hal 15).

$$\text{Traksi } R_{\text{rt}} = \frac{5\% \times (R_{\text{PL}} + R_{\text{ql}})}{2} = \dots \text{ ton}$$

e) Gaya geMPa akibat bangunan atas

K = ketetapan (0,07)

$$G1 = K \cdot R_{\text{vd}}$$

f) Gaya horizontal tanah

$$K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

$$K_p = \text{tg}^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$P_{a1} = K_a \times q \times h1 \times b$$

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma1 \times h2$$

$$P_p = \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma1 \times h2^2 \times b$$

- Hitungan daya dukung tanah dasar pondasi

$$\phi = \text{arc tg} (K_r \phi \times \tan \phi) (\text{SNI 03 - 3446 -1994, halaman 8 - 9})$$

Daya dukung tanah dasar pondasi berdasarkan rumus Tarzhagi untuk pondasi persegi pada kondisi tanah:

$$C = 3,1 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{ult} = C \times N_c + D \times \gamma_1 \times N_q + 0,5 \times B \times \gamma_2 \times N_\gamma$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

- Perhitungan stabilitas abutment

Syarat aman terhadap geser

$$SF = \frac{\sum V \times \tan \frac{2}{3} \phi^2 + C \times B}{\sum H}$$

Syarat aman terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M_x}{\sum M_y}$$

Syarat aman terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_x - \sum M_y}{\sum V} < \frac{B}{6}$$

Kontrol terhadap tegangan

$$\sigma = \frac{\sum V}{B \times L} - \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B}\right)$$

$$Q_{maks} = Q_{all} \quad (\text{OK})$$

$$Q_{min} \leq Q_{all} \quad (\text{OK})$$

- Penulangan abutment

- Penulangan balok sandung
- Penulangan plat injak
- Penulangan konsul
- Penulangan tubuh abutment
- Penulangan dasar abutment

Batas-batas penulangan pada abutment menggunakan rumus yang sama seperti penulangan di bawah ini:

$$\rho_{bln} = \left(\frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{bln}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y \times \frac{1,4}{f_y}}$$

$$M = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times (m \times) \times (R_n)}{f_y} \right)} \right\}$$

Luas tulangan :

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d$$

Tulangan bagi :

$$A_s \text{ bagi} = 20\% \times A_s \text{ pokok}$$

- Kontrol tulangan geser:

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) \times b \times d$$

$$\phi \times V_c < V_u < 3 \times \phi \times V_c$$

$$V_{s\text{perlu}} = \frac{V_u - \phi \times V_c}{\phi}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

- Jarak sengkang maksimum tulangan geser:

$$S_{\max} = \frac{d}{2}$$

$$V_{s\text{ada}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{S}$$

$$V_{s\text{ada}} = V_{s\text{perlu}} \text{ (AMAN)}$$

2.6 Perencanaan Pondasi

Pondasi berfungsi untuk meneruskan beban-beban di atasnya ke tanah dasar. Pada perencanaan pondasi harus terlebih dahulu melihat kondisi tanahnya. Dari kondisi tanah ini dapat ditentukan jenis pondasi yang akan dipakai. Pembebanan pada pondasi terdiri atas pembebanan vertikal maupun lateral dimana pondasi harus mampu menahan beban luar di atasnya maupun yang bekerja pada arah lateralnya.

Ketentuan-ketentuan umum yang harus dipenuhi dalam perencanaan pondasi tidak dapat disamakan antara pondasi dengan yang lain karena tiap-tiap jenis pondasi mempunyai ketentuan-ketentuan sendiri.

Prosedur pemilihan tipe pondasi berdasarkan buku "*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*" oleh Kazuto Nakazawa dkk, sebagai berikut:

1. Bila lapisan tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 m di bawah permukaan tanah, pondasi telapak (*spread foundation*) dapat digunakan.
2. Apabila formasi tanah keras terletak pada kedalaman 10 m di bawah permukaan tanah, dapat dipakai pondasi sumuran atau pondasi tiang apung (*floating pile foundation*) untuk memperbaiki tanah pondasi.
3. Apabila formasi tanah keras terletak pada kedalaman 20 m di bawah permukaan tanah, dapat dipakai pondasi tiang, pancang baja atau tiang bor.
4. Apabila formasi tanah keras terletak pada kedalaman ± 30 m di bawah permukaan tanah, biasanya dipakai pondasi caisson terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat. Tetapi apabila tekanan atmosfer yang bekerja ternyata kurang dari 3 kg/cm^2 dapat juga digunakan pondasi caisson tekanan.
5. Apabila formasi tanah keras terletak pada kedalaman > 40 m di bawah permukaan tanah, pondasi yang paling baik digunakan adalah pondasi tiang baja atau pondasi tiang beton yang dicor di tempat

Beban-beban yang bekerja pada pondasi meliputi:

- a) Beban terpusat yang disalurkan dari bangunan bawah.
- b) Berat merata akibat berat sendiri pondasi.
- c) Beban momen.

Pondasi yang dipilih dalam perencanaan suatu jembatan adalah:

4.1.1 Pondasi Dangkal (Pondasi Langsung)

Perancangan didasarkan pada momen-momen tegangan geser yang terjadi akibat tekanan sentuh antara dasar pondasi dan tanah. Oleh karena itu besar distribusi tekanan sentuh pada dasar pondasi harus diketahui. Dalam analisi, dianggap bahwa pondasi sangat kaku dan tekanan pondasi didistribusikan secara linier pada dasar pondasi. Jika resultan berimpit dengan pusat berat luasan pondasi, tekanan dasar pondasi dapat dianggap disebarkan sama ke seluruh luasan pondasi. Pada kondisi ini, tekanan yang terjadi pada dasar pondasi adalah:

$$q = \frac{P}{A}$$

dengan:

q = tekanan sentuh (tekanan pada dasar pondasi, kN/m²)

P = beban vertikal (kN)

A = luasan dasar pondasi (m²)

Jika resultan beban-beban eksentris dan terdapat momen lentur yang harus didukung pondasi, momen-momen (M) tersebut dapat digantikan dengan beban vertikal (P) yang titik tangkap gayanya pada jarak e dari pusat berat pondasi. Bila beban eksentris 2 arah, tekanan pada dasar pondasi dihitung dengan persamaan: (Tohar Media, 2023)

$$q = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x Y_0}{I_x} \pm \frac{M_y X_0}{I_y}$$

dengan:

q = tekanan pada dasar pondasi pada titik (x_0, y_0)

P = jumlah tekanan

A = luasan dasar pondasi

M_x, M_y = berturut-turut, momen terhadap sumbu x , sumbu y

I_x, I_y = momen inersia terhadap sumbu x , sumbu y

x_0 = jarak dari titik berat pondasi ketitik dimana tegangan kontak dihitung sepanjang respektif sumbu y .

y_0 = jarak dari titik berat pondasi ketitik dimana tegangan kontak dihitung sepanjang respektif sumbu x .

Karena abutmen berbentuk persegi panjang, persamaan yang dipakai adalah:

$$q = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e_L}{L} \pm \frac{6e_B}{B} \right)$$

Dengan $e_x = e_L$ dan $e_y = e_B$ berturut-turut adalah eksentrisitas searah L dan B , dengan L dan B berturut-turut adalah panjang dan lebar pondasi.

Besarnya daya dukung ultimate tanah dasar dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_{ult} = c \times N_c + \gamma \times D_f \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

dimana:

σ_{ult} = daya dukung ultimate tanah dasar (T/m³)

c = kohesi tanah dasar (T/m²)

γ = berat isi tanah dasar (T/m³)

B = lebar pondasi (meter)

Df = kedalaman pondasi (meter)

NY, Nq, Nc = faktor daya dukung terzaghi

Besarnya daya dukung ijin tanah dasar:

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{ult}}{SF}$$

dimana:

σ_{ijin} = daya ijin tanah dasar (T/m²)

σ_{ult} = daya dukung ultimate tanah dasar (T/m²)

SF = faktor keamanan (SF-3 biasanya dipakai jika C>0)

Hasil evaluasi terhadap kegagalan yang terjadi pada pondasi dijadikan dasar untuk menentukan langkah-langkah penanganan yang tepat, dengan memperhatikan faktor-faktor keamanan, kenyamanan, kemudahan pelaksanaan, dan ekonomi.

4.2.1 Pondasi Dalam

Terdiri dari beberapa macam, diantaranya adalah:

a) Pondasi Sumuran

- Tekanan konstruksi ke tanah < daya dukung tanah pada dasar sumuran
- Aman terhadap penurunan yang berlebihan, gerusan air dan longsor tanah
- Diameter sumuran 1,50 meter
- Cara galian terbuka tidak disarankan
- Kedalaman dasar pondasi sumuran harus dibawah gerusan maksimum
- Biasanya digunakan sebagai pengganti pondasi tiang pancang bila lapisan pasir tebalnya > 2,00 m dan lapisan pasirnya cukup padat.
- Menentukan daya dukung pondasi:

$$P_{ult} = R_b + R_f$$

$$P_{ult} = Q_{db} \cdot A_b + f_s \cdot A_s$$

dimana:

P_{ult} = daya pikul tiang

R_b = gaya perlawanan dasar

R_f = gaya perlawanan rekat

Q_{db} = point bearing capacity

f_s = ekatan permukaan

A_b = luasan ujung (tanah)

As = luasan permukaan

➤ Persamaan Teoritis

$$P_u = nR^2 (1,3C N_c + Y D_f N_q + 0,6 Y R N_y) + 2\pi R D_f C_s$$

C = kohesi tanah dasar (T/m^2)

Y = berat isi tanah dasar (T/m^3)

Cs = rata – rata kohesi sepanjang Df

Ny, Nq, Nc = faktor daya dukung terzaghi

Df = kedalaman sumuran (m)

R = jari – jari sumuran

b) Pondasi *Bored Pile*

➤ Tekanan konstruksi ke tanah < daya dukung tanah pada dasar *bored pile*

➤ Daya Dukung:

- Daya dukung pondasi *bored pile* dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis tanah, diameter dan kedalaman tiang, serta metode pelaksanaan.
- Perhitungan daya dukung melibatkan kontribusi dari daya dukung ujung tiang dan gesekan selimut tiang.

➤ Defleksi dan Penurunan:

- Defleksi dan penurunan pondasi *bored pile* perlu dianalisis untuk memastikan stabilitas struktur.
- Analisis ini melibatkan perhitungan elastisitas tanah dan perilaku tiang di bawah beban.

➤ Penulangan:

- Penulangan pada pondasi *bored pile* berfungsi untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada tiang, seperti gaya aksial dan momen lentur.
- Desain penulangan harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti beban yang bekerja, kondisi tanah, dan persyaratan peraturan.

➤ Aman terhadap penurunan yang berlebihan, gerusan air dan longsor tanah

➤ Diameter tiang bor $\geq 0,50$ meter

➤ Rumus:

$$P_u = \frac{9 C_b A_b + 0,5 \pi d C_s L_s}{F_s}$$

dimana:

- Cb = kohesi tanah pada base
- Ab = luas base
- D = diameter pile
- Cs = kohesi pada selubung pile
- Ls = panjang selubung pile
- Fs = 2,5 – 4,0

c) Pondasi Tiang Pancang

Merupakan jenis pondasi dengan tiang yang dipancang ke dalam tanah untuk mencapai lapisan daya dukung tanah rencana dengan ketebalan tanah lunak > 8 meter dari dasar sungai terdalam atau dari permukaan tanah setempat dan dalam hal jika jenis pondasi sumuran diperkirakan sulit dalam pelaksanaan.

Dasar perhitungan dapat didasarkan pada daya dukung persatuan tiang maupun daya dukung kelompok tiang.

Persyaratan teknik pemakaian pondasi jenis ini adalah:

- Kapasitas daya dukung tiang terdiri dari point bearing serta tahanan gesek tiang.
- Lapisan tanah keras berada > 8 meter dari permukaan tanah setempat atau dari dasar sungai terdalam.
- Jika gerusan tidak dapat dihindari yang dapat mengakibatkan daya dukung tiang dapat berkurang, maka harus diperhitungkan pengaruh tekuk dan reduksi gesekan antara tiang dan tanah sepanjang kedalaman gerusan.
- Jarak antar tiang tidak boleh kurang dari 3 kali garis tengah tiang yang digunakan.
- Daya dukung ijin dan faktor keamanan.
- Perhitungan daya dukung tiang pancang
- Daya dukung tanah berdasarkan data sondir (Rumus Bogeyman)

$$P_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} + q_c}{3} + \frac{KH \cdot JHP}{5}$$

$$q_c = \frac{q_{cu} + q_{cb}}{2}$$

qcu = qonus resistance rata – rata 8D diatas ujung tiang

qcb = rata – rata perlawanan qonus setebal 4D di bawah tiang

- Daya dukung tanah berdasarkan data N-SPT (*Rumus Mayerhoff*)

$$Q = 40 N_b A_b + 0,2 N A_s$$

dimana:

Q = Daya dukung batas pondasi tiang pancang (ton)

N_b = Nilai N – SPT pada dasar tiang

A_b = Luas penampang dasar tiang

N = Nilai N – SPT rata – rata

A_s = Luas selimut tiang

- Konfigurasi Tiang Pancang

Jarak antar tiang: $2,5D < S < 4D$

- Efisiensi Daya Dukung Tiang Gabungan (pile group)

$$E = 1 - \phi \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n}$$

$$\phi = \arctan \frac{D}{S}$$

dimana:

D = Diameter dari tiang

S = Jarak antar tiang

n = jumlah kolom dalam susunan tiang

m = jumlah baris

- Daya Dukung Tiang Pancang Maksimum

Perhitungan kombinasi:

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y}{(n_y) \times \sum x^2} \pm \frac{M_x}{(n_x) \times \sum y^2}$$

dimana:

V = beban vertikal maksimum

M = Momen maksimal yang bekerja

x = Lengan arah x maksimum

y = Lengan arah y maksimum

n = Jumlah tiang pancang

n_y = jumlah tiang dalam satu barisan (arah y)

n_x = jumlah tiang dalam satu barisan (arah x)

- Syarat $P_{max} < P_{ult}$

Bab berikutnya menjelaskan mengenai detail dari metodologi perencanaan yang meliputi data teknis proyek, metodologi, teknik pengumpulan data, lokasi proyek, *pre-elementary design*, serta bagan alir penelitian. (Verdian Rezky HP, 2020)

2.7 Perencanaan Bangunan Pelengkap

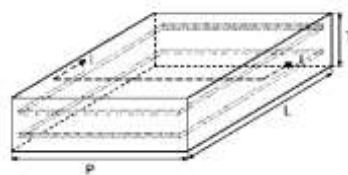
2.7.1 Elastomer

Bearing pad digunakan untuk perletakan elastomer dibuat dari elastomer dan kepingan logam baja yang disusun secara berlapis dan saling melekat kuat, serta diproses dengan tekanan tinggi Jenis “Landasan Elastomer” ini disebut dengan *"steel reinforced laminated elastomeric bearing pads"*. Ada pula jenis “Landasan Elastomer” yang hanya terdiri dari lapisan elastomer atau karet tanpa kepingan logam baja dan disebut dengan *"plain elastomeric bearing pad"* atau bantalan jembatan polos.

Perletakan elastomer merupakan material yang memiliki sifat karet asli, karet vulkanisasi, atau karet sintetis yang meregang apabila diberi tegangan dan berdeformasi secara cepat dan dapat kembali ke dimensi semula.

Bantalan elastomer memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

1. Terdiri dari dua atau lebih lapisan elastomer dan pelat baja yang bekerja secara komposit
2. Tipikal beban maksimum pada arah vertikal sebesar 5000 kN.
3. Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan gaya memanjang jembatan.
4. Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan gaya melintang jembatan.
5. Tipikal perpindahan maksimum sebesar 50 mm.
6. Memungkinkan perputaran
7. Baik untuk menahan beban gempa sebagai peredam (buffer)



Gambar 2.7 Bantalan Elastomer

Sumber: SNI 3967:2008

dengan

P = panjang bantalan

L = lebar bantalan

T = tinggi bantalan



Gambar 2.8 Potongan I-I Bantalan Elastomer

Sumber: SNI 3967:2008

dengan

a = tebal cover atas

b = tebal cover bawah

s = tebal cover samping

Beban yang harus dihitung diterima oleh bantalan adalah beban hidup ditambah beban mati rencana.

Kontrol Elastomer

1. Faktor bentuk (BMS pasal 8.3.5)

$$S = \frac{A_r}{P \cdot t_e}$$

dimana:

A_r = luas permukaan terikat (cm²)

P = keliling permukaan terikat (cm)

t_e = tebal efektif lapisan elastomer (cm)

Syarat perletakan laminasi adalah $4 < S < 12$

2. Persyaratan perencanaan

- a. Regangan geser tekan ϵ_{sc} (BMS pasal 8.3.6)

$$\delta b = \frac{H_b \cdot t}{A_r \cdot G}$$

dimana:

$\delta b = \delta a$ = simpangan geser max. tangensial pada permukaan tumpu dalam arah dimensi a dan b akibat gerakan struktur dan gaya tangensial.

A_r = seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat

G = modulus geser (MPa)

t = tebal total elastomer (cm)

H_a = P gempa longitudinal (kg)

H_b = P gempa transversal (kg)

▪ A_{eff} = luas efektif perletakan (BMS pasal 8.3.6.1.d)

$$A_{eff} = A_r \left(1 - \frac{\delta a}{a} - \frac{\delta b}{b} \right)$$

dimana:

a = panjang perletakan

b = lebar perletakan

▪ $\epsilon_c = \frac{V_{max}}{3A_{eff}G(1+2S^2)}$

dimana:

ϵ_c = regangan geser

V_{max} = tegangan geser maksimum

A_{eff} = luas efektif perletakan (cm^2)

▪ $\epsilon_{sc} = 6S \epsilon_c$

dimana:

ϵ_{sc} = regangan geser tekan

S = faktorbetuk

b. Regangan geser torsi (BMS pasal 8.3.6.3)

Gaya vertikal V_{max} bekerja pada pusat luasan elastomer dan momen = 0,
maka

$$\alpha_a = \alpha_b = 0$$

$$\epsilon_{sr} = 0$$

c. Regangan geser tangensial ϵ_{sh}

$$\epsilon_{sh} = \frac{\delta a}{t}$$

dimana:

t = tebal total elastomer (cm)

ϵ_{sh} = regangan geser tangensial

δa = Simpangan geser max. tangensial pada permukaan tumpu dalam arah dimensi a dan b akibat Gerakan struktur dan gaya tangensial.

- Untuk membatasi distorsi tangensial dan agar ujung perletakan menggelinding seminimal mungkin kecenderungan pelat baja untuk melentur, syarat yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

$$A_{eff} \geq 0,9 A_r \text{ dan } \epsilon_{sh} \leq 0,7$$

(BMS pasal 8.3.6.3)

- Syarat untuk menjamin bahwa regangan geser total yang berkembang tidak berlebihan adalah:

$$\epsilon_{sh} + \epsilon_{sr} + \epsilon_{sc} \leq \frac{2,6}{\sqrt{1,2}}$$

(BMS pasal 8.3.6.3)

3. Persyaratan tegangan tekan rata-rata (BMS pasal 8.3.6.2)

$$\frac{V_{max}}{A_r} \leq 15 \text{ MPa}$$

dimana:

V_{max} = tegangan geser maksimum

A_r = seluruh luas daerah untuk lapis terikat (cm^2)

4. Persyaratan stabilitas perletakan

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \leq \frac{2 b G S}{3 t}$$

dimana:

V_{max} = tegangan geser maksimum

A_{eff} = luas daerah efektif perletakan

S = faktor bentuk

t = tebal total elastomer (cm)

5. Persyaratan tebal minimum plat baja (BMS pasal 8.3.6.6)

- Syarat 1

$$t_s \geq 3 \text{ mm}$$

t_s = tebal pelat baja (mm)

- Syarat 2

$$t_s \geq \frac{3 V_{max} t_l}{A_r f_y}$$

t_s = tebal pelat baja (mm)

t_l = tebal lapisan dalam

$V_{\max}$ = tegangan geser maksimum

A_r = seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat (mm^2)

f_y = tegangan leleh baja

6. Persyaratan penahan perletakan (BMS pasal 8.3.6.7)

▪ Kombinasi beban

$$H' < 0,1(V_{\max} + 3 A_{\text{eff}}0,001)$$

dimana:

H' = beban geMPa horizontal terbesar

$V_{\max}$ = tegangan geser maksimum

A_{eff} = luas daerah efektif perletakan

▪ Beban permanen

$$\frac{V_{\max}}{A_{\text{eff}}} \geq 2$$

(Verdian Rezky HP, 2020)

2.7.2 Expansion Joint

Expansion joint (Sambungan siar muai) dalam perencanaan jembatan merupakan sambungan yang dirancang khusus untuk memungkinkan pergerakan struktural pada jembatan. Pergerakan ini timbul akibat berbagai faktor, seperti perubahan suhu yang menyebabkan pemuaian atau penyusutan material jembatan, beban lalu lintas yang memberikan tekanan dinamis, serta faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi stabilitas struktur. Fungsi utama dari sambungan siar muai adalah untuk mencegah kerusakan pada struktur jembatan akibat pergerakan-pergerakan tersebut, sehingga menjaga keamanan dan umur panjang jembatan.

Ada beberapa jenis sambungan siar muai yang umum digunakan pada jembatan, antara lain:

1) Sambungan model terbuka:

Jenis ini biasanya digunakan untuk jembatan dengan pergerakan yang relatif kecil. Contohnya adalah sambungan dengan pelat baja atau elastomer.

2) Sambungan model tertutup:

Jenis ini digunakan untuk jembatan dengan pergerakan yang lebih besar. Contohnya adalah sambungan dengan strip seal atau modular sambungan siar muai.

3) Asphaltic plug joint:

Jenis ini dikerjakan setelah pelat lantai jembatan selesai. Masalah utama jenis ini adalah iklim, seperti melunak pada cuaca panas dan retak pada cuaca yang sangat dingin. Dan seiring waktu joint ini akan menipis karena sering dilalui kendaraan.

Sambungan siar muai pada jembatan merupakan keputusan penting yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Pertama, besarnya pergerakan yang diharapkan menjadi pertimbangan utama, karena menentukan jenis dan kapasitas sambungan siar muai yang diperlukan. Selain itu, beban lalu lintas yang akan melintasi jembatan juga harus diperhitungkan, karena mempengaruhi kekuatan dan daya tahan sambungan siar muai. Kondisi lingkungan, seperti perubahan suhu ekstrem dan kelembaban, juga memainkan peran penting dalam pemilihan material dan desain sambungan siar muai. Tentu saja, biaya juga menjadi faktor penentu, dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kualitas dan anggaran. Terakhir, kenyamanan pengguna jalan tidak boleh diabaikan, karena sambungan siar muai yang dirancang dengan baik akan memberikan pengalaman berkendara yang mulus.

Pentingnya sambungan siar muai tidak dapat diabaikan, karena komponen ini sangat krusial dalam menjaga keamanan dan umur panjang jembatan. Tanpa sambungan siar muai yang tepat, pergerakan struktural yang terjadi secara alami dapat menyebabkan retak, kerusakan, dan bahkan keruntuhan jembatan, sehingga membahayakan keselamatan publik.

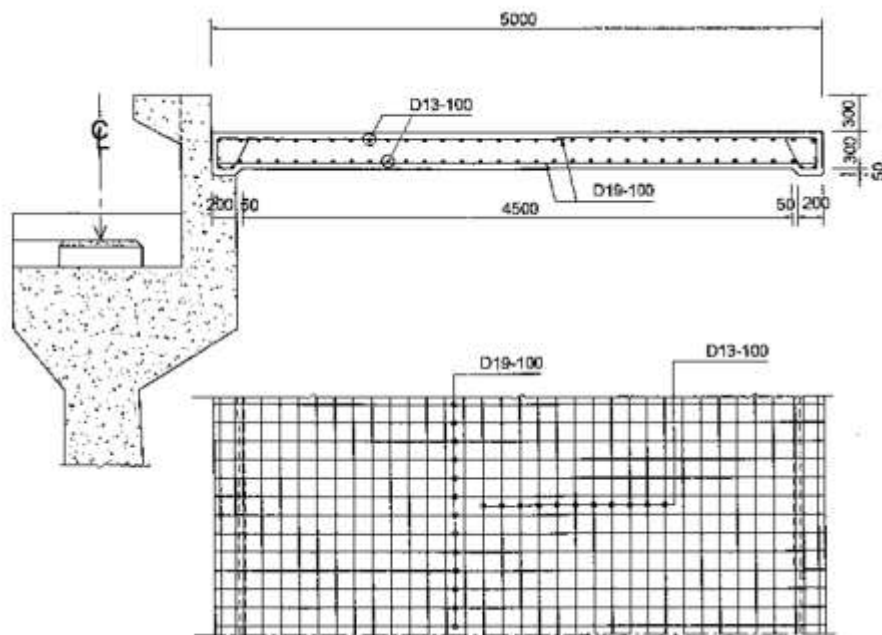
Jadi dalam perencanaan jembatan prategang, pemilihan dan desain sambungan siar muai memerlukan perhatian khusus karena karakteristik unik jembatan ini. Jembatan prategang cenderung mengalami pergerakan yang lebih besar akibat perubahan suhu dan beban lalu lintas, serta perilaku rangkai dan susut beton, sehingga memerlukan sambungan siar muai yang mampu mengakomodasi pergerakan besar, seperti modular sambungan siar muai atau strip seal sambungan siar muai. Perhitungan pergerakan yang akurat, detail konstruksi yang tepat, dan pemeliharaan rutin sangat penting untuk memastikan

kinerja optimal dan mencegah kerusakan pada struktur jembatan prategang, mengingat sensitivitas jembatan ini terhadap deformasi yang tidak merata. (Marga, 2019)

2.7.3 Pelat Injak

Pelat injak merupakan bagian dari jembatan yang berfungsi sebagai transisi dari jalan pendekat untuk masuk atau keluar jembatan. Adanya pelat injak memungkinkan tidak terjadi penurunan berlebihan pada timbunan oprit. Sehingga dengan pelat injak yang baik, maka didapatkan kenyamanan pengendara yang melintasi jembatan. Pada tugas akhir ini, desain pelat injak mengacu pada Surat Edaran Direktur Bina Teknik Kementerian PUPR Nomor JB.09.02-Bt/96 Tahun 2009 Tentang Standar Desain Pelat Injak Jembatan Jalan Raya. Adapun gambar desain pelat injak sesuai SE tersebut ditampilkan pada Gambar:

PELAT INJAK TIPE BARU



DENAH TULANGAN

Gambar 2.9 Pelat Injak Tipe Baru.

(Teknik, 2009)

2.7.4 Wing Wall

Wing wall merupakan suatu dinding samping pada dinding belakang abutment yang didesain untuk membantu atau menahan keutuhan atau stabilitas tanah dibelakang abutment sehingga abutment tidak mengalami gaya horizontal akibat tekanan tanah. Wing wall dipasang dengan tulangan pengangkur yang terikat pada pile cap abutment.

Adanya wing wall pada struktur abutment membuat abutment menjadi lebih kaku, sehingga defleksi horizontal yang terjadi lebih kecil daripada abutment tanpa wing wall. Tegangan yang terjadi pada abutment dengan wing wall lebih besar dengan nilai regangan lebih kecil dibandingkan dengan abutment tanpa wing wall. Keretakan terbesar yang terjadi tidak hanya pada badan abutment akan tetapi keretakan terbesar juga terjadi pada titik pertemuan wing wall dengan badan abutment. (A, 2017)

2.8 Penelitian Terdahulu

Di daerah Magelang, pondasi yang sering digunakan pada jembatan meliputi pondasi tiang pancang dan *bored pile*. Pondasi tiang pancang dipilih karena kemampuannya menahan beban berat dan memberikan stabilitas yang baik di berbagai jenis tanah, sementara *bored pile* sering digunakan untuk konstruksi di area padat, memberikan daya dukung yang optimal. Berbagai jurnal menunjukkan bahwa analisis daya dukung dan perencanaan yang tepat sangat penting untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur jembatan. Misalnya, penelitian tentang pondasi *bored pile* menekankan pentingnya pemilihan material dan metode pemasangan yang sesuai untuk menghindari kerusakan struktural. Selain itu, studi mengenai perencanaan tebal perkerasan jalan juga relevan, karena pondasi jembatan sering terintegrasi dengan infrastruktur jalan di sekitarnya. Terdapat beberapa jurnal yang membahas topik-topik ini, seperti analisis daya dukung pondasi *bored pile* dan perencanaan tebal perkerasan jalan.

Tabel 2.6 Penelitian Penggunaan Pondasi Bored pile daerah Magelang

No	Judul/Pengarang/Tahun	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
1.	Perancangan Struktur Gedung Mall dan Hotel New Armada Magelang / Setiawan, Yonathan / 2011	Metode yang digunakan dalam penyelidikan tanah yaitu dengan Uji Bor Log.	Secara keseluruhan, penelitian ini mengkonfirmasi bahwa pondasi <i>bored pile</i> merupakan solusi pondasi yang handal untuk berbagai kondisi tanah dan beban struktur.
2.	Perencanaan Pengembangan Struktur Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Tidar Magelang / Aji, Putri / 2021	Metode yang digunakan dalam penyelidikan tanah yaitu dengan Uji Bor Log untuk menentukan data N-SPT tanah menggunakan rumus Mayerhof.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pondasi <i>bored pile</i> memberikan kapasitas dukung yang signifikan pada kondisi tanah lunak hingga sedang. Analisis data SPT dan CPT mengkonfirmasi bahwa <i>bored pile</i> mampu mentransfer beban struktur ke lapisan tanah keras di bawahnya, mengurangi risiko penurunan yang berlebihan.
3.	Jembatan Progo Kranggan / PPK 2.7, Satker PJN Wilayah II Provinsi Jawa Tengah / 2019	Metode yang digunakan dalam penyelidikan tanah yaitu dengan Uji Bor Log.	Analisis penurunan pada pondasi <i>bored pile</i> menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam meminimalkan penurunan total dan penurunan diferensial.

Pondasi *bored pile* digunakan di daerah Magelang untuk jembatan karena kondisi tanah yang bervariasi, termasuk tanah yang lunak dan berlumpur. Penggunaan *bored pile* memungkinkan penempatan pondasi pada kedalaman yang lebih stabil, memberikan daya dukung yang lebih baik dan mengurangi risiko penurunan atau pergeseran struktur jembatan. Selain itu, metode ini juga efisien dalam mengatasi tantangan geoteknik yang ada di lokasi. *Bored pile* menjadi pilihan utama di daerah Magelang untuk pondasi jembatan karena kemampuannya menyesuaikan dengan kondisi tanah yang tidak merata. Dalam banyak jurnal, dijelaskan bahwa *bored pile* dapat mencapai lapisan tanah yang lebih keras di bawah permukaan, sehingga memberikan stabilitas yang lebih baik untuk struktur jembatan. Selain itu, metode pengeboran yang digunakan dalam pembuatan *bored pile* mengurangi gangguan pada lingkungan sekitar, yang sangat penting di area yang padat penduduk. Penelitian juga menunjukkan bahwa *bored pile* memiliki daya dukung yang tinggi, yang sangat diperlukan untuk menahan beban lalu lintas yang berat. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, penggunaan *bored pile* di Magelang tidak hanya meningkatkan keamanan jembatan, tetapi juga efisiensi biaya konstruksi dalam jangka panjang.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Teknis Kegiatan

- Nama Kegiatan : Redesain Jembatan atau Underpass
- Lokasi : Cangkuk, Kota Magelang
- Ruas Jalan : Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Soekarno-Hatta
- Struktur Atas : PCI Girder tipe I
- Struktur Bawah : Abutment
- Pondasi : *Bored pile*
- Bentang : 30 meter
- Panjang Jembatan : 31 meter
- Lebar :
 1. Lebar lantai kendaraan : $2 \times 7,5 = 15$ meter
 2. Lebar trotoar : $2 \times 1,0 = 2$ meter
 3. Lebar median : $1 \times 0,6 = 0,6$ meter
 4. Lebar dinding parapet : $2 \times 0,45 = 0,9$ meter

3.2 Metode perancangan

Dalam perencanaan dan perhitungan ini beban-beban jembatan diinput secara manual menggunakan excel dan dibantu SAP2000 versi 22 untuk perhitungan statika jembatan serta analisa pemilihan dimensi girder. Sedangkan untuk perhitungan pembebanan dan struktur bawah dilakukan secara manual dengan mengacu pada peraturan, pedoman, dan kaidah perencanaan yang berlaku.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Guna melakukan perancangan jembatan, maka diperlukan data. Penulis memperoleh data berupa data hasil penyelidikan tanah dan data topografi. Kedua data tersebut diperoleh dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Jawa Tengah (P2JN Jateng). Data berupa gambar keadaan topografi sekitar lokasi rencana proyek, serta data penyelidikan tanah berupa data sondir manual. Kedua data ini akan dianalisis dan disajikan secara lengkap di awal Bab IV.

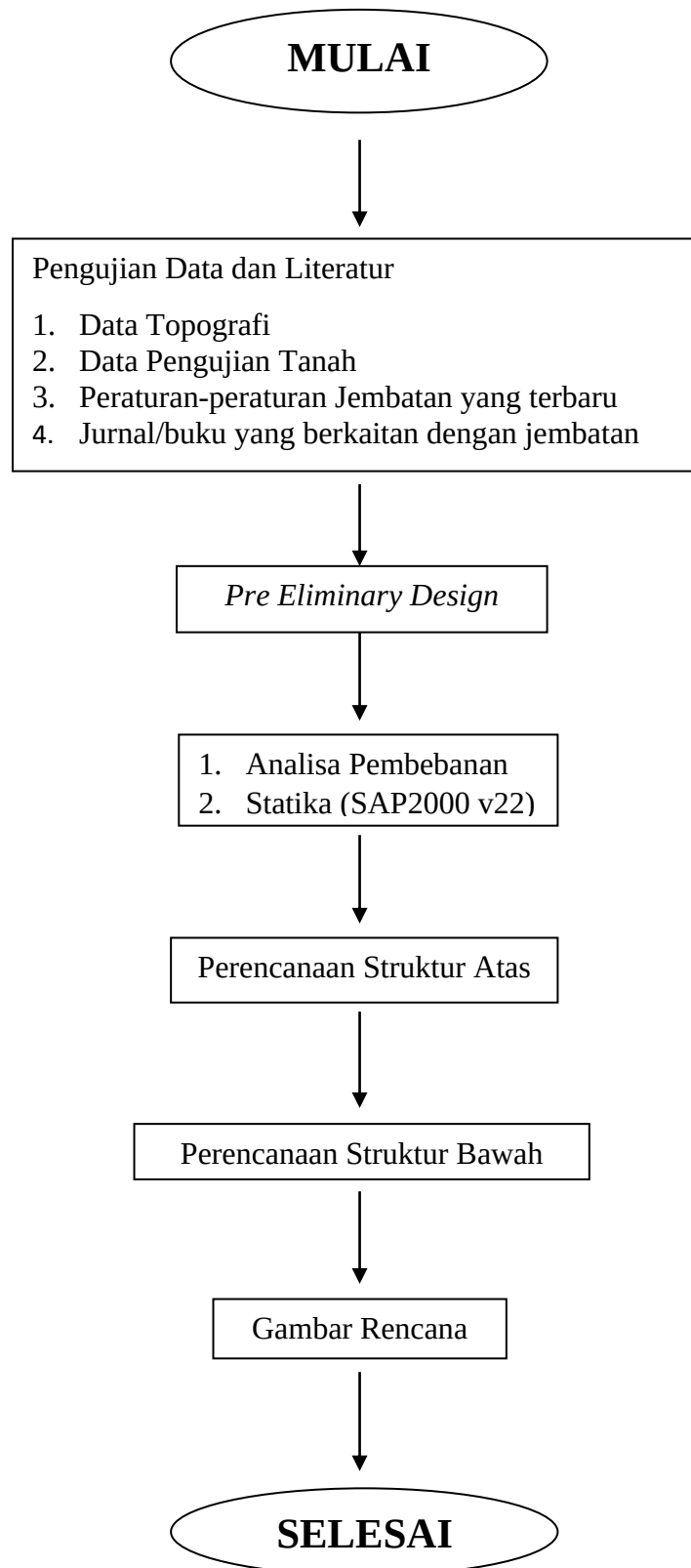
3.4 Lokasi Kegiatan

Lokasi dari rencana Jembatan Cangkuk ini membentang di atas Ruas Jalan Urip Sumoharjo dan Jalan Soekarno-Hatta, Kota Magelang dengan panjang total 781,298 dengan titik koordinat $-7^{\circ}29'15''S110^{\circ}14'5''E$. Berikut adalah ilustrasi Lokasi Jembatan Cangkuk yang secara administrative termasuk dalam wilayah Kota Magelang, Provinsi Jawa Tengah:



Gambar 3.1 Lokasi Rencana Duplikasi Jembatan Cangkuk

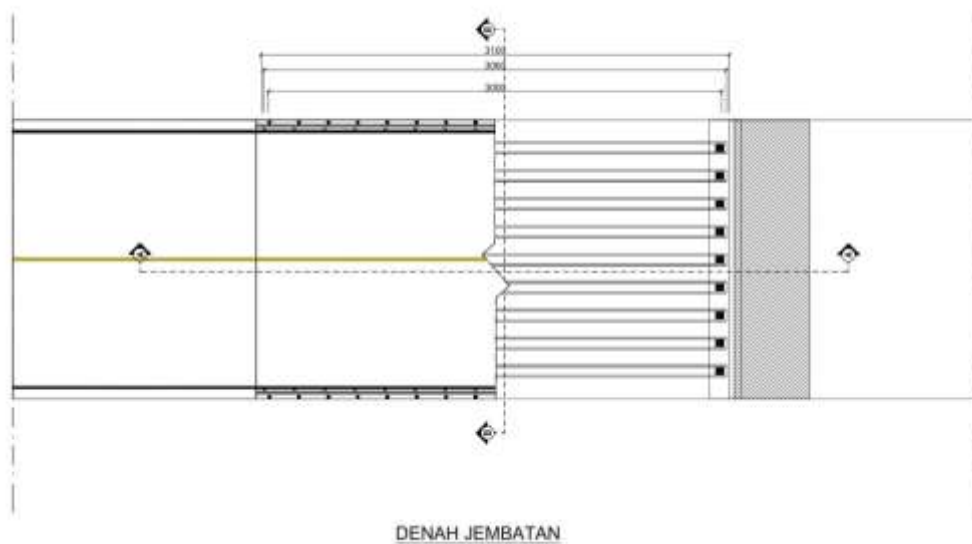
3.5 Bagan Alir Penelitian



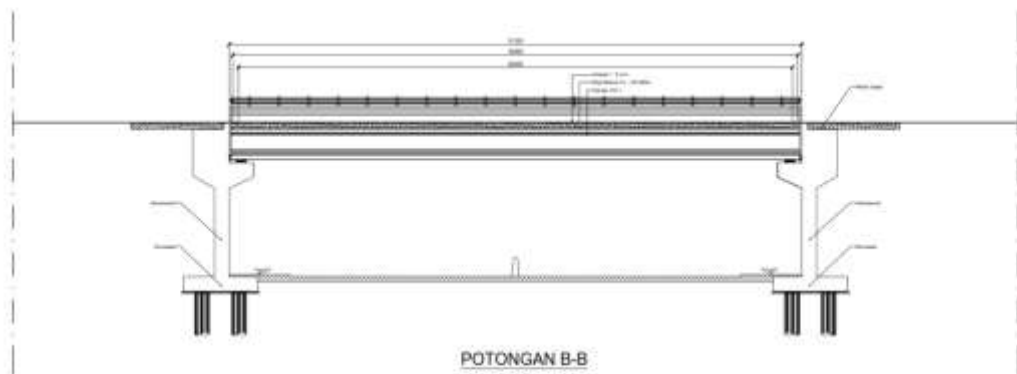
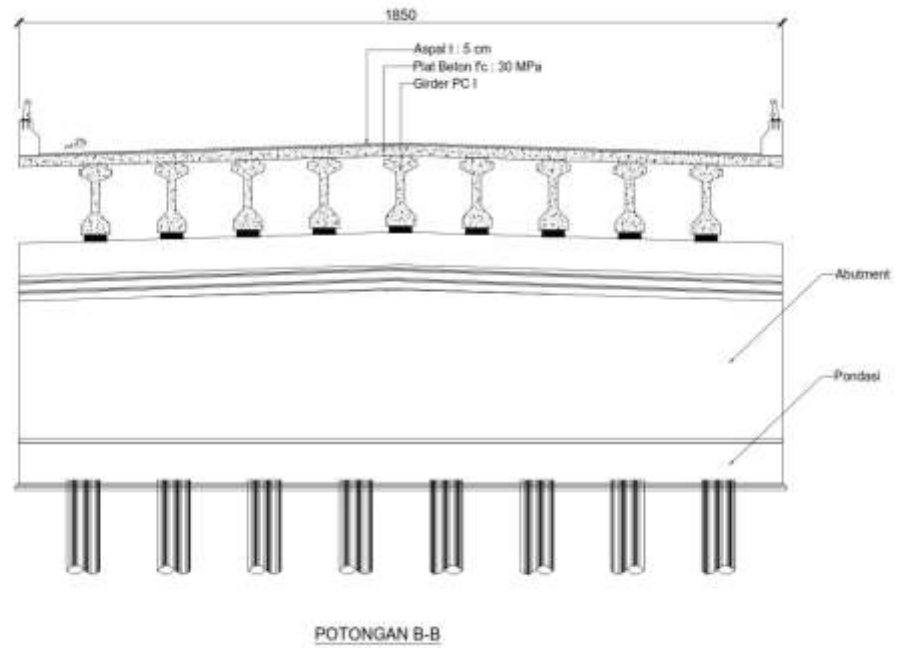
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

3.6 Pre- Eleminary Design

- Kelas Jembatan : A
- Kombinasi Beban Bekerja : BM100
- Lebar Jalur Lalin : 18,5 m
- Lebar Lajur : $2 \times 7,5 = 15 \text{ m}$
- Lebar Trotoar : $2 \times 1,0 = 2 \text{ m}$
- Lebar Median : $1 \times 0,6 = 0,6 \text{ m}$
- Lebar dinding parapet : $2 \times 0,45 = 0,9 \text{ m}$
- Tipe Jembatan : Jembatan Girder Beton Prategang
- Jarak antar Girder : 1,85 m
- Tinggi Rangka Jembatan : 5 m
- Tebal Pelat Beton : 0,25 m
- Tebal Lapis Aspal : 0,05 m
- Mutu Baja BJTS : 420 MPa (f_y 420 MPa & f_u 550 MPa)
- Mutu Beton (f'_c) : 30 MPa (Bored pile, Pile cap, Deck slab)
: 50 MPa (Girder)



Gambar 3.3 Denah Jembatan (Pre-Eleminary Design)



Gambar 3.4 Potongan Melintang dan Membujur Jembatan (Pre-Elementary Design)

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PERENCANAAN STRUKTUR

4.1 Tinjauan Umum

Pada pembangunan struktur jembatan ini, sebelumnya harus dilakukan perhitungan perencanaan. Yang dimaksud perencanaan adalah berupa perhitungan elemen-elemen struktural pembentuk struktur jembatan secara keseluruhan. Perhitungan dimaksudkan agar struktur jembatan dapat dibangun sesuai dengan rancangan awal baik dari segi mutu/kualitas bangunan, umur rencana, segi keamanan dan kestabilan struktur serta alokasi biaya pembangunan struktur tersebut. Sebelum memulai pekerjaan memperhitungkan data tanah juga diperlukan dan sangat penting agar mencegah risiko kegagalan konstruksi.

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data hasil penyelidikan tanah yang diperoleh dari pihak Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro untuk penyelidikan tanah pada Pekerjaan Pembangunan Underpass Cangkuk Magelang. Data tanah yang diperoleh yaitu berupa data sondir manual serta hasil tes laboratorium yang dapat dilihat pada Lampiran. Dari hasil tes laboratorium didapatkan beberapa parameter tanah yang kemudian akan digunakan sebagai acuan perencanaan. Berikut Hasil pengujian Sondir:

Tabel 4.1 Tabel Data Sondir

DEPTH (M)	qc kg/cm ²	qc + f kg/cm ²	Fs kg/cm ²	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%	DEPTH (M)	qc kg/cm ²	qc + f kg/cm ²	Fs kg/cm ²	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.20	22.00	30.00	0.80	402.00	3.64
0.20	25.00	26.00	0.10	2.00	0.40	10.40	28.00	35.00	0.70	416.00	2.50
0.40	10.00	12.00	0.20	6.00	2.00	10.60	20.00	24.00	0.40	424.00	2.00
0.60	5.00	8.00	0.30	12.00	6.00	10.80	22.00	23.00	0.10	426.00	0.45
0.80	5.00	8.00	0.30	18.00	6.00	11.00	17.00	18.00	0.10	428.00	0.59
1.00	5.00	8.00	0.30	24.00	6.00	11.20	22.00	30.00	0.80	444.00	3.64
1.20	2.00	4.00	0.20	28.00	10.00	11.40	27.00	30.00	0.30	450.00	1.11
1.40	2.00	5.00	0.30	34.00	15.00	11.60	85.00	86.00	0.10	452.00	0.12
1.60	5.00	8.00	0.30	40.00	6.00	11.80	112.00	113.00	0.10	454.00	0.09
1.80	5.00	8.00	0.30	46.00	6.00	12.00	130.00	131.00	0.10	456.00	0.08
2.00	5.00	8.00	0.30	52.00	6.00	12.20	28.00	30.00	0.20	460.00	0.71
2.20	8.00	12.00	0.40	60.00	5.00	12.40	35.00	40.00	0.50	470.00	1.43
2.40	12.00	16.00	0.40	68.00	3.33	12.60	32.00	37.00	0.50	480.00	1.56
2.60	10.00	16.00	0.60	80.00	6.00	12.80	40.00	42.00	0.20	484.00	0.50
2.80	10.00	17.00	0.70	94.00	7.00	13.00	16.00	18.00	0.20	488.00	1.25
3.00	25.00	32.00	0.70	108.00	2.80	13.20	17.00	20.00	0.30	494.00	1.76
3.20	18.00	20.00	0.20	112.00	1.11	13.40	18.00	22.00	0.40	502.00	2.22
3.40	12.00	15.00	0.30	118.00	2.50	13.60	18.00	22.00	0.40	510.00	2.22
3.60	12.00	15.00	0.30	124.00	2.50	13.80	13.00	16.00	0.30	516.00	2.31
3.80	12.00	15.00	0.30	130.00	2.50	14.00	12.00	16.00	0.40	524.00	3.33
4.00	12.00	17.00	0.50	140.00	4.17	14.20	33.00	38.00	0.50	534.00	1.52
4.20	12.00	20.00	0.80	156.00	6.67	14.40	85.00	86.00	0.10	536.00	0.12
4.40	12.00	20.00	0.80	172.00	6.67	14.60	87.00	90.00	0.30	542.00	0.34
4.60	67.00	68.00	0.10	174.00	0.15	14.80	90.00	93.00	0.30	548.00	0.33
4.80	52.00	53.00	0.10	176.00	0.19	15.00	185.00	186.00	0.10	550.00	0.05
5.00	48.00	49.00	0.10	178.00	0.21	15.20	250.00				
5.20	7.00	8.00	0.10	180.00	1.43	15.40					
5.40	5.00	6.00	0.10	182.00	2.00	15.60					
5.60	13.00	16.00	0.30	188.00	2.31	15.80					
5.80	11.00	17.00	0.60	200.00	5.45	16.00					
6.00	11.00	17.00	0.60	212.00	5.45	16.20					
6.20	10.00	15.00	0.50	222.00	5.00	16.40					
6.40	10.00	15.00	0.50	232.00	5.00	16.60					
6.60	10.00	14.00	0.40	240.00	4.00	16.80					
6.80	10.00	14.00	0.40	248.00	4.00	17.00					
7.00	12.00	15.00	0.30	254.00	2.50	17.20					
7.20	12.00	15.00	0.30	260.00	2.50	17.40					
7.40	12.00	14.00	0.20	264.00	1.67	17.60					
7.60	12.00	15.00	0.30	270.00	2.50	17.80					
7.80	15.00	20.00	0.50	280.00	3.33	18.00					
8.00	20.00	23.00	0.30	286.00	1.50	18.20					
8.20	24.00	28.00	0.40	294.00	1.67	18.40					
8.40	20.00	24.00	0.40	302.00	2.00	18.60					
8.60	20.00	24.00	0.40	310.00	2.00	18.80					
8.80	18.00	22.00	0.40	318.00	2.22	19.00					
9.00	18.00	24.00	0.60	330.00	3.33	19.20					
9.20	18.00	24.00	0.60	342.00	3.33	19.40					
9.40	12.00	17.00	0.50	352.00	4.17	19.60					
9.60	12.00	17.00	0.50	362.00	4.17	19.80					
9.80	15.00	20.00	0.50	372.00	3.33	20.00					
10.00	18.00	25.00	0.70	386.00	3.89						

4.2 Penentuan Bahan

4.2.1 Beton

Struktur utama dalam perencanaan ini hampir seluruhnya menggunakan konstruksi dari beton bertulang. Mutu beton yang digunakan dalam perencanaan konstruksi jembatan dapat dilihat dibawah ini:

1. Struktur atas

➤ Girder Beton Prategang

Mutu beton (f'_c) : 50 MPa

- Parapet, Pelat lantai

Mutu beton (f'_c) : 30 MPa

2. Struktur bawah

- Abutment

Mutu beton (f'_c) : 30 MPa

3. Pondasi

- Jenis : *Bored pile*

Diameter : 800 mm

Mutu beton (f'_c) : 30 MPa

4.2.2 Baja Tulangan

Tulangan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah tulangan yang ada dipasaran dengan alasan mudah didapat dan umum bagi pelaksana dilapangan.

- Mutu baja BJTD 40 (f_y) = 420 MPa

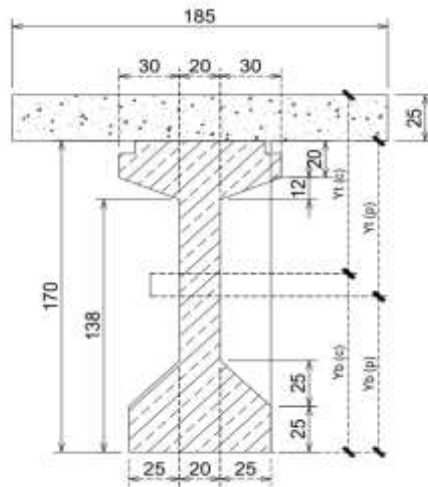
4.2.3 Balok Prategang

Balok prategang yang digunakan dipesan dari PT. Wijaya Karya dengan dimensi yang sudah ada dengan tinggi balok 170 cm dan panjang 30,60 m. Adapun untuk spesifikasi dimensi yang sudah ada adalah sebagai berikut:

POST-TENSION PC-I GIRDER SPECIFICATION												
Span (m)	PC IH-90cm				PC IH-125cm				PC IH-160cm			
	Beam Spacing / ft'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / ft'		Beam Support Reaction (kN)		Beam Spacing / ft'		Beam Support Reaction (kN)	
	(cm / MPa)	V_{DL}	V_{LL}	V_{UL}	(cm / MPa)	V_{DL}	V_{LL}	V_{UL}	(cm / MPa)	V_{DL}	V_{LL}	V_{UL}
10	185 / 40	117	179	476								
11	185 / 40	128	187	505								
12	185 / 40	138	196	533								
13	185 / 40	151	204	565								
14	185 / 40	161	212	594								
15	185 / 40	171	221	622								
16	140 / 40	150	173	508	185 / 40	200	229	673				
17					185 / 40	211	237	702				
18					185 / 40	222	245	731				
19					185 / 40	233	254	761				
20					185 / 40	244	262	790				
21					185 / 40	255	270	820				
22					140 / 50	225	211	672	185 / 40	318	279	913
23					140 / 60	234	217	693	185 / 40	331	287	945
24									185 / 40	344	295	976
25									185 / 40	357	304	1008
26									185 / 40	370	312	1040
27									185 / 40	383	320	1072
28									185 / 40	396	329	1104
29									185 / 40	419	337	1148
30									140 / 50	369	261	944
31									140 / 50	381	264	964
32									185 / 40	432	345	1180
33									185 / 40	445	349	1204
34									185 / 40	517	354	1297
35									185 / 40	532	358	1324
36									185 / 40	546	362	1350
37									185 / 50	561	366	1377
38									185 / 60	576	370	1403
39									185 / 60	591	374	1429
40									185 / 60	606	378	1456
41									185 / 40	655	378	1515
42									140 / 60	589	289	1265
43									185 / 50	603	292	1289
44									140 / 60	620	297	1318
45									185 / 50	705	392	1604
46									185 / 50	721	396	1632
47									185 / 50	750	400	1675
48									185 / 60	766	404	1703
49									185 / 60	782	408	1730
50									140 / 60	700	312	1446
									140 / 60	714	315	1469
									140 / 60	728	318	1493
									140 / 60	742	322	1516
									140 / 70	756	325	1540

Note : Based on bridge load refer to SNI 1725:2016 and assume bridge cross section parameter : 200mm for CIP Slab, 70mm concrete deck slab and 50mm asphaltic layer

Gambar 4.1 Browsur PT. WIKA



Gambar 4.2 Dimensi Balok Girder

4.2.4 Elastomer

Dimensi elastomer yang digunakan dalam perencanaan ini dapat didimensi sendiri, kemudian dipesankan kepada pihak supplier. Dimensi rencana yang digunakan dalam perhitungan adalah (30 x 40 x 8,5) cm.

4.3 Perhitungan Struktur Atas

Bangunan atas jembatan merupakan bagian jembatan yang menerima langsung beban dari kendaraan atau orang yang melewatinya. Secara umum bangunan atas terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain: Parapet, plat lantai jembatan, balok girder beton, dan diafragma. Gambar perencanaan bangunan atas Jembatan Canguk pada ruas Jalan Soekarno-Hatta ini dapat dilihat pada **BAB III**.

4.4.1 Parapet

Parapet merupakan pembatas antara daerah kendaraan dengan tepi jembatan yang berfungsi sebagai pengaman bagi pemakai lalu lintas yang melewati jembatan tersebut. Konstruksi sandaran/parapet menggunakan konstruksi beton bertulang. Konstruksi sandaran umumnya terdiri dari: Tiang sandaran Rail Post, biasanya dibuat dari konstruksi beton bertulang untuk jembatan dengan balok girder beton, sedangkan untuk jembatan rangka tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka utama. Pada jembatan Canguk ini

direncanakan dibuat dari konstruksi beton bertulang yang menyatu pada plat lantai.

Perencanaan Parapet

- Mutu beton (f'_c)	=	30	MPa
- Mutu baja (f_y)	=	420	MPa
- Tinggi parapet	=	0,85	m
- Tebal parapet	=	450	mm
- Tebal selimut	=	40	mm
- Tulangan utama	=	10	mm
- Tulangan bagi	=	10	mm
- Tinggi efektif (d)	=	$450-40-(0,5 \times 10)$	
		405	mm

$$\begin{aligned}
 p &= H \times L \\
 &= 100 \times 2,5 \\
 &= 250 \quad \text{kg} \\
 \text{Berat total parapet} &= 478,95 \quad \text{kN}
 \end{aligned}$$

Gaya momen H sampai dasar parapet

$$\begin{aligned}
 M_u &= P \times h \\
 &= 250 \times 0,85 \\
 &= 212,5 \quad \text{kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 212,5 / 0,8 \\
 &= 265,625 \quad \text{kg/m} \\
 &= 2656250 \quad \text{Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_I &= 0,85 \times f'_c \\
 &= 25,5 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= M_n / b \cdot d^2 \cdot R_I \\
 &= 2656250 / 1000 \times 405^2 \times 25,5 \\
 &= 0,000635066
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= 1 - \sqrt{1 - 2K} \\
 &= 0,000635268 \\
 F_{\max} &= \frac{0,85 \times 450}{600 + 420} = 0,375
 \end{aligned}$$

$$F < F_{\max}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= F \times R_I / f_y \\
 &= 0,00063527 \times 25,5 / 420 \\
 &= 3,85698\text{E-}05 \quad \text{TIDAK OK} \quad \rho \text{ min adalah } 0,002
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho \text{ min} = 0,002 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,002 \times 1000 \times 405 \\
 &= 810,0000 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul} &= A_s / (0,25 \times \pi \times D^2) \\
 &= 810,0000 / (0,25 \times 3,14 \times 10^2) \\
 &= 10,31847134 \quad 11 \quad \text{buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ terpasang} &= A_s \text{ satuan} \times \text{jumlah tulangan} \\
 &= ((\pi / 4) \times (D^2)) \times n \\
 &= ((3,14 / 4) \times (10^2)) \times 11 \\
 &= 863,5
 \end{aligned}$$

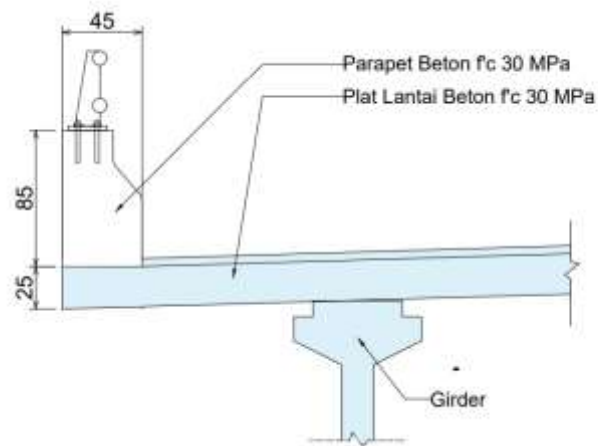
Dipakai tulangan 10 - 100

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ terpasang} &> A_s \text{ perlu} \\
 863,5 &> 810,0000 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

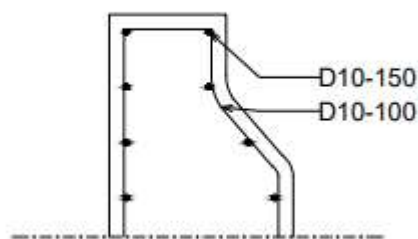
Tulangan bagi diambil 0,2 x tulangan utama

$$\begin{aligned}
 &= 0,2 \times 314 \\
 &= 172,7 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 10 - 150



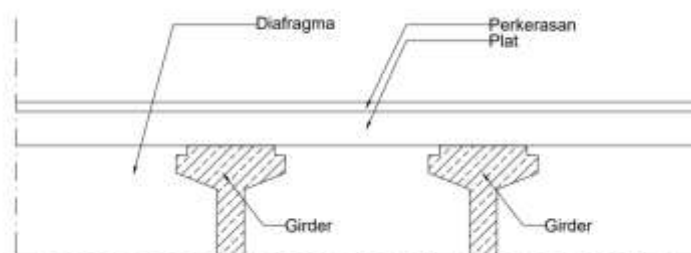
Gambar 4.3 Potongan parapet melintang



Gambar 4.4 Desain Tulangan Parapet

4.4.2 Pelat Lantai Jembatan

Pelat lantai merupakan komponen jembatan yang memiliki fungsi utama untuk mendistribusikan beban sepanjang potongan melintang jembatan. Pelat lantai merupakan bagian yang menyatu dengan sistem struktur yang lain yang didesain untuk mendistribusikan beban beban sepanjang bentang jembatan Direncanakan.



Gambar 4.5 Pelat Lantai Jembatan

Bentang jembatan	=	30,6	m
Lebar jembatan	=	18,5	m
Lebar lajur	=	$2 \times 7,5 = 15$	m
Lebar trotoar	=	$2 \times 1,0 = 2$	m
Lebar median	=	0,6	m
Lebar dinding parapet	=	$2 \times 0,45 = 0,9$	m
Lebar ditinjau, diambil	=	1	m
Jarak antar girder	=	1,85	m
Tebal slab	=	0,25	m
Tebal aspal + overlay	=	0,1	m
Tinggi girder rencana	=	1,7	m

Perhitungan Pembebanan

1. Beban Mati

Berat jenis bahan untuk batas ultimate (ULS) dalam perhitungan konstruksi sebesar:

Berat jenis beton slab	γ_{cs}	=	25	kN/m ³
Jarak antar girder	$L = s$	=	1,85	m
Tebal slab	t_{sl}	=	0,25	m

Berat Sendiri Slab dan Deck Slab,

$$\begin{aligned}
 QMS &= T_{sl} \times b \times \gamma_{cs} \\
 &= 0,25 \times 1 \times 25 \\
 &= 6,25 \quad \text{kN/m}
 \end{aligned}$$

Beban Mati Tambahan (MA)

No	JENIS	TEBAL	LEBAR	BERAT	BEBAN
		(m)	(m)	(kN/m³)	(kN/m)
1	Aspal + Overlay	0,1	1	22	2,2
2	Air Hujan	0,05	1	9,8	0,49
			QMA =		2,69
Beban Mati Total, QMA + QMS			=	8,94	kN/m

2. Beban Truk “T” (TT)

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (Beban T) yang besarnya:

$$T = 100 \text{ kN}$$

Faktor Beban Dinamis untuk pembebanan truk diambil,

$$DLA = 0,4$$

Beban Truk T

$$\begin{aligned}
 PTT &= (1+DLA) \times T \\
 &= (1+0,4) \times 100 \\
 &= 140 \text{ T} \quad 1373,4 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Beban Lajur (TD)

Beban kendaraan yang berupa beban lajur D terdiri dari beban terbagi merata (*Uniformly Distributed Load*), UDL dan beban garis (*Knife Edge Load*), KEL. UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada Panjang total L yang dibebani lalu-lintas dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$q = 9,0 \text{ kPa} \text{ untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 9,0 \times (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \text{ untuk } L > 30 \text{ m}$$

$$\text{Untuk panjang bentang, } L = 30,6 \text{ m}$$

Faktor beban dinamis (*Dinamic Load Allowance*) untuk KEL diambil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{DLA} &= 0,4 && \text{untuk } L \leq 50 \text{ m} \\ &&& \text{untuk } 50 < L < 90 \text{ m} \\ \text{DLA} &= 0,4 - 0,0025 \times (L-50) && \text{m} \\ \text{DLA} &= 0,3 && \text{untuk } L \geq 90 \text{ m} \\ \text{DLA} &= 0,4 \end{aligned}$$

Lebar tinjauan,

$$\begin{aligned} b &= 1 \text{ m} \\ q &= 8,91 \text{ kPa} \\ \text{QTD(UDL)} &= q \times b \\ &= 8,91 \times 1 \\ &= 8,91 \text{ kN/m} \\ \text{Intensitas KEL} &= q_p = q \times 5,5 \times (1+\text{DLA}) \\ &= 8,91 \times 5,5 \times (1+0,4) \\ &= 68,62 \text{ kN/m} \\ \text{QTD(KEF)} &= \text{Intensitas KEL} \\ &= 68,62 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4. Gaya Rem

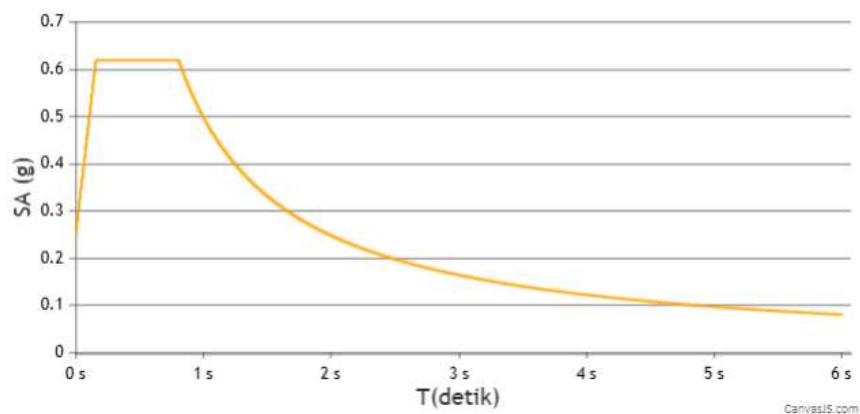
Menurut Tabel gaya rem digunakan gaya rem sebesar 80 kN.

5. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dilakukan lewat puskim.pu.go.id dengan memasukkan koordinat lokasi Jembatan Cangkuk, yakni: -7.5° Lintang Selatan dan 110.2° Bujur Timur. Dari analisa geoteknik ditetapkan pondasi dalam dengan perhitungan end bearing (tanah sedang), sehingga respon spektrum gempa diambil untuk tanah sedang.



Gambar 4.6 Respon Spectrum daerah Magelang



Gambar 4 7 Respon Spectrum Tanah Sedang di Magelang

6. Beban Angin

Berdasarkan SNI 2016:1725, karena jarak jembatan cangkuk > 5 km dari Pantai, maka kecepatan angin rencana adalah 25 m/dt. Sedangkan untuk C_w yang digunakan sebesar:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{parapet}} &= 0,5 \text{ m} \\
 b/d &= \frac{18,5}{(0,5+0,85+1,7+0,25)} \\
 &= 5,6061 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_w \text{ untuk } b/d &= 2 && \text{adalah} && 1,5 \\ C_w \text{ untuk } b/d &= 6 && \text{Adalah} && 1,25 \end{aligned}$$

Maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan C_w dengan $b/d = 5,6061$ diperoleh:

$$\begin{aligned} C_w &= \frac{1,5 + (5,6061 - 2) \times (1,25 - 1,5)}{(6 - 2)} \\ &= \frac{1,5 + 3,61 \times (-0,25)}{4} \\ &= 1,27438 \end{aligned}$$

Dianggap ada angin yang lewat bekerja secara merata diseluruh permukaan struktur atas jembatan maka TEW (beban angin) yang digunakan sebesar

$$\begin{aligned} TEW &= 0,0006 \times 1,27438 \times 25^2 \\ &= 0,47789 \quad \text{kN/m}^2 \\ &= 47,79 \quad \text{N/m}^2 \end{aligned}$$

Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2,00 m di atas lantai jembatan

$$h = 2 \text{ m}$$

Jarak antara roda kendaraan

$$x = 1,75 \text{ m}$$

Gaya pada slab akibat transfer beban angin ke lantai jembatan,

$$\begin{aligned} PEW &= 2 \times \left[0,5 \times \left(\frac{h}{x} \right) \times TEW \right] \times \frac{L}{2} \\ &= 2 \times \left[0,5 \times \left(\frac{2}{1,75} \right) \times 47,79 \right] \times \frac{1,85}{2} \\ &= 50,52 \frac{\text{N}}{\text{m}} \\ &= 0,505 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

7. Pengaruh Temperatur (ET)

Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan minimum rata-rata pada lantai jembatan.

Temperatur maksimum rata-rata

$$T_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$$

Temperatur minimum rata-rata

$$T_{\min} = 15^{\circ}\text{C}$$

Perbedaan temperatur,

$$\begin{aligned}\Delta T &= (T_{\max} - T_{\min}) / 2 \\ &= (40 - 15) / 2 \\ &= 12,5^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

Koefisien muai panjang untuk beton,

$$\alpha = 0,00001-05/^{\circ}\text{C}$$

Modulus Elastisitas beton,

$$E_c = 1486270,5 \text{ kN/m}^2$$

8. Beban Trotoar

Kuat tekan beton (f'_c)	=	30	MPa
Berat jenis beton bertulang (γ_c)	=	25	kN/m ³
Kuat leleh baja tulangan (f_y)	=	420	MPa
Tinggi trotoar (h)	=	300	mm
Lebar trotoar (b)	=	2000	mm
Tinggi bersih penampang (d)	=	(300-40) = 260	mm
Pejalan kaki	=	5	kPa

$$Q_{MT} = \text{Berat sendiri} \times \text{Beban pejalan kaki}$$

$$Q_{MT} = (b \times h \times \gamma_c) \times q$$

$$Q_{MT} = (2 \times 0,3 \times 25) \times 5$$

$$Q_{MT} = 75 \text{ kN/m}$$

Penulangan trotoar

* Luas tulangan susut

$$A_{s_{min}} = 0,002 \times b \times h$$

$$A_{s_{min}} = 0,002 \times 2000 \times 300$$

$$A_{s_{min}} = 1200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D - 13 mm

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{((\pi / 4) \times (D^2)) \times b}{A_{s_{min}}}$$
$$= \frac{((\pi / 4) \times (13^2)) \times 2000}{A_{s_{min}}}$$
$$= 221,1083 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D13-200 mm

* Luas tulangan bagi

$$A_{s_{min}} = 0,002 \times b \times h$$

$$A_{s_{min}} = 0,002 \times 2000 \times 300$$

$$A_{s_{min}} = 1200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D- 10 mm

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{((\pi / 4) \times (D^2)) \times b}{A_{s_{min}}}$$
$$= \frac{((\pi / 4) \times (10^2)) \times 2000}{A_{s_{min}}}$$
$$= 130,8333 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D10-100 mm

9. Beban Median

$$\text{Kuat tekan beton (f'c)} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Berat jenis beton bertulang (Yc)} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Kuat leleh baja tulangan (fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi trotoar (h)} &= 300 \text{ mm} \\
\text{Lebar trotoar (b)} &= 600 \text{ mm} \\
\text{Tinggi bersih penampang (d)} &= (300-40) = 260 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
MS_{\text{median}} &= b \times h \times Y_c \\
MS_{\text{median}} &= 0,6 \times 0,3 \times 25 \\
MS_{\text{median}} &= 4,5 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$

Penulangan median

* Luas tulangan susut

$$\begin{aligned}
A_{s_{\min}} &= 0,002 \times b \times h \\
A_{s_{\min}} &= 0,002 \times 600 \times 300 \\
A_{s_{\min}} &= 360 \text{ mm}^2 \\
\text{Digunakan tulangan D -} &13 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
s &= \frac{((\pi / 4) \times (D^2)) \times b}{A_{s_{\min}}} \\
&= \frac{((\pi / 4) \times (13^2)) \times 600}{A_{s_{\min}}} \\
&= 221,1083333 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Dipakai tulangan D13-200 mm

* Luas tulangan bagi

$$\begin{aligned}
A_{s_{\min}} &= 0,002 \times b \times h \\
A_{s_{\min}} &= 0,002 \times 600 \times 300 \\
A_{s_{\min}} &= 360 \text{ mm}^2 \\
\text{Digunakan tulangan D-} &10 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
s &= \frac{((\pi / 4) \times (D^2)) \times b}{A_{s_{\min}}} \\
&= \frac{((\pi / 4) \times (10^2)) \times 600}{A_{s_{\min}}} \\
&= 130,8333333 \text{ mm}
\end{aligned}$$

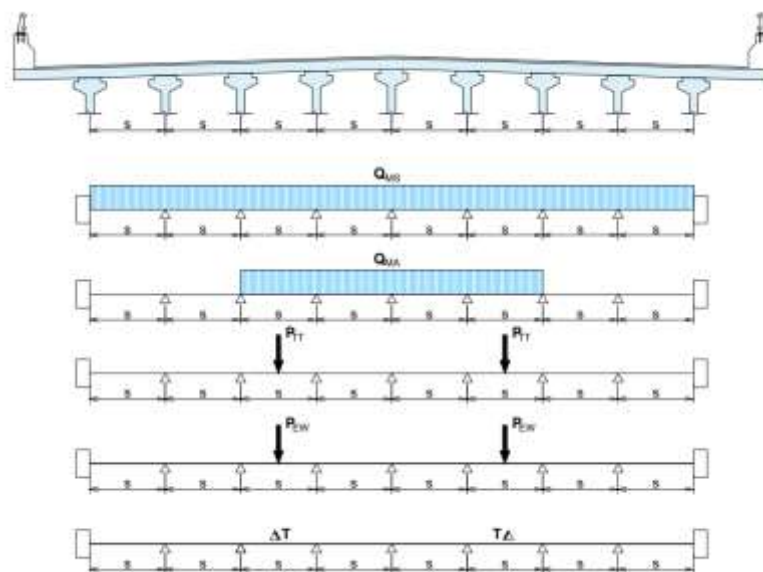
Dipakai tulangan D10-100 mm

Pelat Lantai Kendaraan

Tebal lantai	0,25	m
Tebal perkerasan	0,05	m
Mutu Beton	30	MPa
Mutu Baja	420	MPa
Jarak antar Girder	1,85	m
Bentang	31	m
Air Hujan Genangan	0,05	m

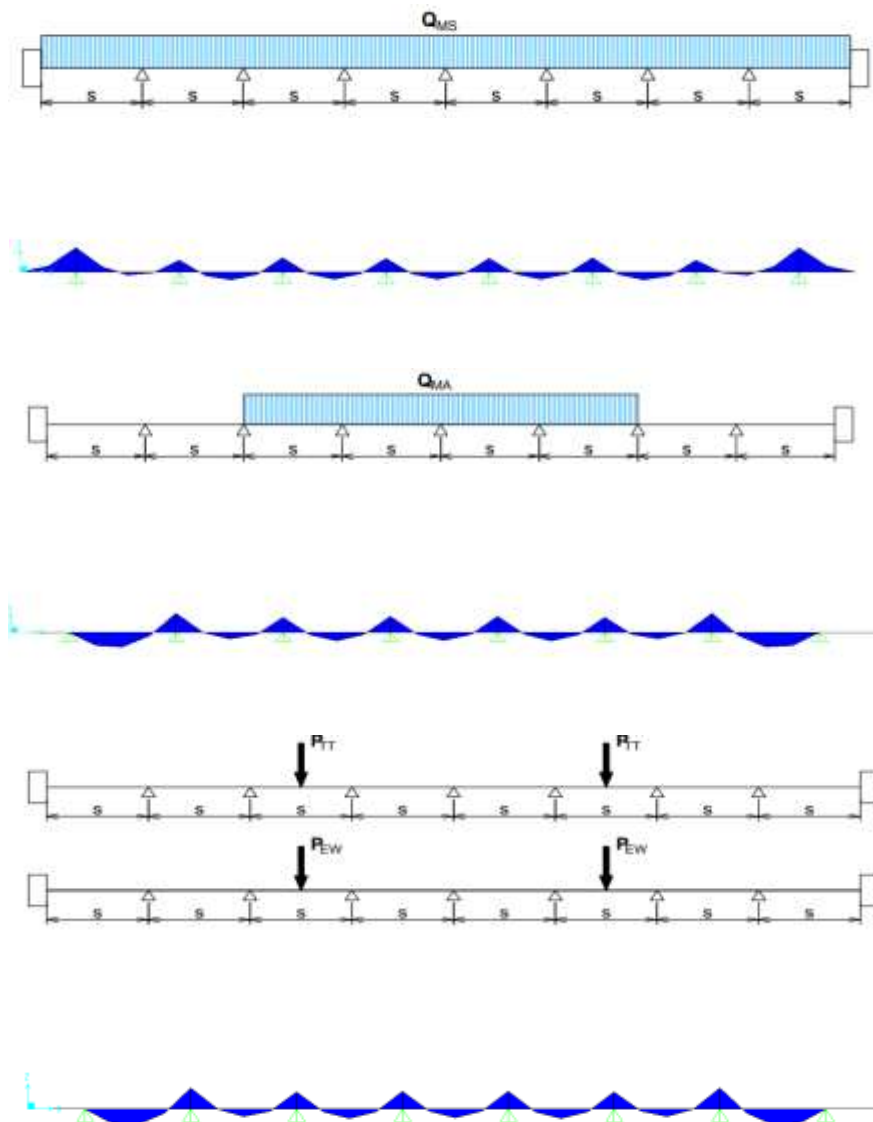
Momen Pada Slab Lantai Kendaraan

Formasi pembebanan slab untuk mendapatkan momen maksimum pada bentang menerus dilakukan seperti pada gambar:



Gambar 4.8 Momen Pada Slab Beton Kendaraan

Koefisien momen lapangan dan momen tumpuan untuk bentang menerus dengan beban merata, terpusat dan perbedaan temperatur adalah sebagai berikut:



Gambar 4.9 Koefisien Momen Lapangan dan Momen Tumpuan

Koefisien Momen

$$S = 1,85 \text{ m}$$

Untuk Beban Merata Q

$$M = k \times Q \times s^2$$

Untuk Beban Terpusat P

$$M = k \times P \times s$$

Untuk Beban temperatur (ΔT)

$$M = k \times \alpha \times \Delta T \times E_c \times s^3$$

Momen akibat Berat Sendiri (MS) :

Momen tumpuan, Mms

$$= 0,1 \times Q_{MS} \times s^2$$

$$= 0,1 \times 6,25 \times 1,85^2$$

$$= 2,13906$$

kNm

$$\begin{aligned}
 \text{Mome Lapangan, Mms} &= 0,091 \times Q_{MS} \times s^2 \\
 &= 0,091 \times 6,25 \times 1,85^2 \\
 &= 1,94655 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

Momen akibat Beban Mati Tambahan (MA) :

$$\begin{aligned}
 \text{Momen tumpuan, Mms} &= 0,1041 \times Q_{MA} \times s^2 \\
 &= 0,1041 \times 2,69 \times 1,85^2 \\
 &= 0,9584 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Lapangan, Mms} &= 0,054 \times Q_{MA} \times s^2 \\
 &= 0,054 \times 2,69 \times 1,85^2 \\
 &= 0,49715 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

Momen akibat Beban Jalur U_{DL} (MS) :

$$\begin{aligned}
 \text{Momen tumpuan, Mms} &= 0,1 \times Q_{TD} (U_{DL}) \times s^2 \\
 &= 0,1 \times 8,91 \times 1,85^2 \\
 &= 3,05005 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Lapangan, Mms} &= 0,091 \times Q_{TD} (U_{DL}) \times s^2 \\
 &= 0,091 \times 8,91 \times 1,85^2 \\
 &= 2,77555 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

Momen akibat Beban Jalur K_{EF} (TD) :

$$\begin{aligned}
 \text{Momen tumpuan, Mms} &= 0,1041 \times Q_{TD} (K_{EF}) \times s^2 \\
 &= 0,041 \times 68,62 \times 1,85^2 \\
 &= 24,4483 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Lapangan, Mms} &= 0,054 \times Q_{TD} (K_{EF}) \times s^2 \\
 &= 0,054 \times 68,62 \times 1,85^2 \\
 &= 12,6821 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

Momen akibat Beban Trotoar (MT) :

$$\begin{aligned}
 \text{Momen tumpuan, Mmt} &= 0,1052 \times Q_{MT} \times s^2 \\
 &= 0,1052 \times 75 \times 1,85^2
 \end{aligned}$$

$$= 27,0035 \quad \text{kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Lapangan, } M_{MT} &= 0,064 \times Q_{MT} \times s^2 \\ &= 0,064 \times 75 \times 1,85^2 \\ &= 16,428 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

Momen akibat Berat Median (MS) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan, } M_{MS} &= 0,05 \times Q_{MS} \times s^2 \\ &= 0,05 \times 4,5 \times 1,85^2 \\ &= 0,77006 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Lapangan, } M_{MS} &= 0,071 \times Q_{MS} \times s^2 \\ &= 0,071 \times 6,25 \times 1,85^2 \\ &= 1,09349 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

Momen akibat Beban Truk (TT) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan, } M_{TT} &= 0,1562 \times P_{TT} \times s \\ &= 0,1562 \times 140 \times 1,85 \\ &= 40,4558 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan, } M_{TT} &= 0,1407 \times P_{TT} \times s \\ &= 0,1407 \times 140 \times 1,85 \\ &= 36,4413 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

Momen akibat Beban Angin (EW) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan, } M_{EW} &= 0,1562 \times P_{EW} \times s \\ &= 0,1562 \times 0,505 \times 1,85 \\ &= 0,14599 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan, } M_{EW} &= 0,1407 \times P_{EW} \times s \\ &= 0,1407 \times 0,505 \times 1,85 \\ &= 0,1315 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

Momen akibat Temperatur (ΔT) :

$$\begin{aligned} \text{Momen tumpuan, } M_{EW} &= 0,000000562 \times \alpha \times \Delta T \times E_c \times s^3 \\ &= 0,000000562 \times 0,00001 \times 12,5 \times 1486270,5 \times 1,85^3 \\ &= 0,00066 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lapangan, } M_{EW} &= 0,000002812 \times \alpha \times \Delta T \times E_c \times s^3 \\ &= 0,000002812 \times 0,00001 \times 12,5 \times 1486270,5 \times 1,85^3 \\ &= 0,00331 \quad \text{kNm} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Tabel Rekapitulasi Beban

NO	JENIS BEBAN	KODE BEBAN	FAKTOR BEBAN	M _{TUMP}	M _{LAP}	M _{U_TUMP}	M _{U_LAP}
				(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
1	Beban Trotoar	MT	1,3	27,0035	16,428	35,1046	21,356
2	Beban Median	MS	1,0	0,77006	1,09349	0,77006	1,0935
3	Berat Sendiri	MS	1,3	2,13906	1,94655	2,78078	2,5305
4	Beban Mati Tambahan	MA	2,0	0,9584	0,49715	1,9168	0,9943
5	Beban Lajur (UDL)	DL _(UDL)	2,0	3,05005	2,77555	6,1001	5,5511
6	Beban Lajur (KEF)	DL _(KEF)	2,0	24,4483	12,6821	48,8966	25,364
7	Beban Truk "T"	T	2,0	40,4558	36,4413	80,9116	72,883
8	Beban Angin	EW	1,2	0,14599	0,1315	0,17518	0,1578
9	Pengaruh Temperatur	ΔT	1,2	0,00066	0,00331	0,00079	0,004
Total Momen Ultimate Slab, Mu =						176,657	129,93

PENULANGAN			
<u>TULANGAN TUMPUAN</u>			
PENULANGAN LENTUR NEGATIF			
Momen rencana negatif akibat beban,	Mu =	176,657	kNm
BAHAN			
Mutu beton : K-0			
Kuat tekan beton	f _c =	30	MPa
Mutu baja : U-0			
Tegangan leleh baja	f _y =	420	MPa
DIMENSI PLAT			
Lebar dinding b =		1000	mm
Tebal dinding h =		250	mm

Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $b_1 = 0,85$

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= (b_1 \times 0,85 \times f'_c / f_y) \times (600 / (600 + f_y)) \\
 &= (0,85 \times 0,85 \times 30 / 420) \times (600 / (600 + 420)) \\
 &= 0,0304
 \end{aligned}$$

Faktor tahan momen maksimum,

$$\begin{aligned}
 R_{max} &= 0,75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - 1/2 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y / (0,85 \times f'_c)] \\
 &= 0,75 \times 0,0304 \times 420 \times [1 - 1/2 \times 0,75 \times 0,0304 \times 420 / (0,85 \times 30)] \\
 &= 7,76953125
 \end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$

a) TULANGAN TARIK TUMPUAN

Momen positif nominal rencana

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 176,657 / 0,80 \\
 &= 220,8206261
 \end{aligned}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 40 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 250 - 40 \\ &= 210 \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen,

$$\begin{aligned} R_n &= M_n \times 10^6 / (b \times d^2) \\ &= 220,820626 \times 10^6 / (1000 \times 210^2) \\ &= 5,007270432 \quad R_n < R_{max} \quad \text{TUL.TUNGGAL} \end{aligned}$$

Rasio tulangan minimum,

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 420 \\ &= 0,003333333 \\ \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0304 \\ &= 0,022767857 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} \rho &= (0,85 \times f'_c / f_y) \times (1 - \sqrt{1 - (2 \times R_n) / (0,85 \times f'_c)}) \\ &= (0,85 \times 30 / 420) \times (1 - \sqrt{1 - (2 \times 5,0073) / (0,85 \times 30)}) \\ &= 0,013401029 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang digunakan :

$$r = \rho = 0,013401029$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,01340103 \times 1000 \times 210 \\ &= 2814,216086 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan **D - 13**

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s \\ &= (3,14 / 4) \times 13^2 \times (1000 / 2814,21609) \\ &= 47,14101403 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan 2 jenis tulangan tarik tumpuan

Digunakan tulangan D13- 200 mm

$$\begin{aligned}
A_s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / s \\
&= (3,14 / 4) \times 13^2 \times (1000 / 200) \\
&= 663,3 \quad \text{mm}^2
\end{aligned}$$

Digunakan tulangan menerus dengan tulangan tarik lapangan **D 16 150 mm**

$$\begin{aligned}
A_s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / s \\
&= (3,14 / 4) \times 16^2 \times (1000 / 150) \\
&= 1340 \quad \text{mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_s \text{ total} &= 663,325 + 1339,73 \\
&= 2003 \quad \text{mm}^2
\end{aligned}$$

b) TULANGAN TEKAN TUMPUAN

Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned}
A_s' &= 75\% \times A_s \\
&= 75\% \times 2814,21609 \\
&= 2111 \quad \text{mm}^2
\end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan D-16

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s \\
&= (3,14 / 4) \times 16^2 \times (1000 / 2110,66206) \\
&= 95,21 \quad \text{mm}
\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 -150 mm

$$\begin{aligned}
A_s' &= \pi / 4 \times D^2 \times b / s \\
&= (3,14 / 4) \times 16^2 \times (1000 / 95,2118311) \\
&= 2111 \quad \text{mm}^2
\end{aligned}$$

c) TULANGAN BAGI ATAS

Tulangan bagi diambil 20% tulangan pokok

$$\begin{aligned}
A_s' &= 20\% \times A_s \\
&= 20\% \times 663,33 \\
&= 132,7 \quad \text{mm}^2
\end{aligned}$$

Untuk $f_y = 420 \text{ MPa}$

$$A_s' = 0,00180 \times b \times h$$

$$= 0,00180 \times 1000 \times 250$$

$$= 450 \quad \text{mm}^2$$

Diameter yang digunakan D13

Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s'$$

$$= (3,14 / 4) \times 13^2 \times (1000 / 132,665)$$

$$= 1000 \quad \text{mm}$$

Digunakan tulangan D - **13 200**

$$A_s\text{-bagi} = \pi / 4 \times D^2 \times b / s$$

$$= (3,14 / 4) \times 13^2 \times (1000 / 1000)$$

$$= 132,7 \quad \text{mm}^2$$

TULANGAN LAPANGAN

PENULANGAN LENTUR POSITIF			
Momen rencana negatif akibat beban,	Mu =	129,934	kNm
BAHAN			
Mutu beton : K-300			
Kuat tekan beton	f'c =	30	MPa
Mutu baja : U-0			
Tegangan leleh baja	fy =	420	MPa
DIMENSI PLAT			
Lebar dinding	b =	1000	mm
Tebal dinding	h =	250	mm

Faktor bentuk distribusi tegangan beton, b1 = 0,85

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = (b1 \times 0,85 \times f'_c / f_y) \times (600 / (600 + f_y))$$

$$= (0,85 \times 0,85 \times 30 / 420) \times (600 / (600 + 420))$$

$$= 0,0304$$

Faktor tahan momen maksimum,

$$R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - 1/2 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y / (0,85 \times f'_c)]$$

$$= 0,75 \times 0,0304 \times 420 \times [1 - 1/2 \times 0,75 \times 0,0304 \times 420 / (0,85 \times 30)]$$

$$= 7,76953125$$

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0,80$

a) TULANGAN TARIK LAPANGAN

Momen positif nominal rencana

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 129,934 / 0,80$$

$$= 162,417992$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 40 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d'$$

$$= 250 - 40$$

$$= 210$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n \times 10^6 / (b \times d^2)$$

$$= 162,4180 \times 10^6 / (1000 \times 210^2)$$

$$= 3,68294766 \quad R_n < R_{max} \quad \text{TUL.TUNGGAL}$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y$$

$$= 1,4 / 420$$

$$= 0,00333333$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0304$$

$$= 0,02276786$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = (0,85 \times f'_c / f_y) \times (1 - \sqrt{1 - (2 \times R_n) / (0,85 \times f'_c)})$$

$$= (0,85 \times 30 / 420) \times (1 - \sqrt{1 - (2 \times 3,68295) / (0,85 \times 30)})$$

$$= 0,00951442$$

Rasio tulangan yang digunakan :

$$r = \rho = 0,00951442$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00951442 \times 1000 \times 210 \\ &= 1998,02728 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan D16

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s \\ &= (3,14 / 4) \times 16^2 \times (1000 / 1998,0273) \\ &= 100,579207 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 100

$$\begin{aligned} A_s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / s \\ &= (3,14 / 4) \times 16^2 \times (1000 / 100) \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b) TULANGAN TEKAN LAPANGAN

Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= 100\% \times A_s \\ &= 100\% \times 2009,6 \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan D-16

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s \\ &= (3,14 / 4) \times 16^2 \times (1000 / 2009,6) \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 100

$$\begin{aligned} A_s' &= \pi / 4 \times D^2 \times b / s \\ &= (3,14 / 4) \times 16^2 \times (1000 / 100) \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c) TULANGAN BAGI BAWAH

Tulangan bagi diambil 20% tulangan pokok

$$\begin{aligned} A_s' &= 20\% \times A_s \\ &= 20\% \times 2009,6 \\ &= 401,92 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk $f_y = 420 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,00180 \times b \times h \\ &= 0,00180 \times 1000 \times 250 \\ &= 450 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter yang digunakan D13

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / A_s' \\ &= (3,14 / 4) \times 13^2 \times (1000 / 401,92) \\ &= 330,078125 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13-200

$$\begin{aligned} A_s\text{-bagi} &= \pi / 4 \times D^2 \times b / s \\ &= (3,14 / 4) \times 13^2 \times (1000 / 330,078) \\ &= 401,92 \quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

KONTROL LENDUTAN SLAB

Mutu Beton : K-0 Kuat tekan beton, $f'_c = 30 \text{ MPa}$

Mutu Baja U-0 Tegangan leleh baja, $f_y = 420 \text{ MPa}$

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{30} \\ &= 25742,9602 \quad \text{MPa} \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas Baja, $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Tebal slab, $h = 250 \text{ mm}$

Jarak tulangan terhadap sisi terluar beton $d' = 40 \text{ mm}$

Tebal efektif slab

$$\begin{aligned}
 d &= h - d' \\
 &= 250 - 40 \\
 &= 210 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan slab

$$\begin{aligned}
 A_s &= \pi / 4 \times D^2 \times b / s \\
 &= (3,14 / 4) \times 13^2 \times (1000 / 200) \\
 &= 663,325 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang bentang slab, } L_x = 1,85 \quad \text{m} = 1850 \quad \text{mm}$$

$$\text{Ditinjau slab selebar, } b = 1000 \quad \text{mm}$$

$$\text{Beban terpusat } P = P_{TT} = 140 \quad \text{kN}$$

Beban merata

$$\begin{aligned}
 Q &= Q_{MS} + Q_{MA} \\
 &= 6,25 + 2,69 \\
 &= 8,94 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

Lendutan total yang terjadi (δ_{tot}) harus $< L_x / 240$

$$\begin{aligned}
 (\delta_{max}) &= L_x / 240 \\
 &= 1850 / 240 \\
 &= 7,71 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Momen inersia bruto penampang pelat

$$\begin{aligned}
 I_g &= 1 / 12 \times b \times h^3 \\
 &= 1 / 12 \times 1000 \times 250^3 \\
 &= 1E+09 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Modulus keruntuhan beton

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,7 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 0,7 \times \sqrt{30} \\
 &= 3,834 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$

Rasio modulus

$$\begin{aligned}
 n &= E_s / E_c \\
 &= 200000 / 25742,9602 \\
 &= 7,7691 \quad \text{jadi diambil } 8
 \end{aligned}$$

$$n \times A_s = 8 \times 663,325$$

$$= 5153,4 \text{ mm}^2$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton

$$\begin{aligned} c &= n \times A_s / b \\ &= 5153,44774 / 1000 \\ &= 5,1534 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_{cr} &= 1/3 \times b \times c^3 + n \times A_s \times (d-c)^2 \\ &= 1/3 \times b \times 5,15344774^3 + 5153,44774 \times (40-5,15344774)^2 \\ &= 6E+06 \text{ mm}^2 \\ y_t &= h/2 \\ &= 250/2 \\ &= 125 \text{ mm} \\ M_{cr} &= f_r \times I_g / y_t \\ &= 3,834 \times 1302083333 / 125 \\ &= 4E+07 \text{ Nmm} \\ Q &= Q_{MS} + Q_{MA} \\ &= 6,25 + 2,69 \\ &= 8,94 \text{ kNm} \\ P &= 140 \text{ Kn} = 1E+05 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban)

$$\begin{aligned} M_a &= 1/8 \times Q \times L_x^2 + 1/4 \times P \times L_x \\ &= 1/8 \times 8,94 \times 1850^2 + 1/4 \times 140000 \times 1850 \\ &= 7E+07 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen inersia efektif untuk perhitungan lendutan

$$\begin{aligned} I_e &= (M_{cr} / M_a)^3 \times I_g + [(1-(M_{cr} / M_a)^3) \times I_{cr}] \\ &= 3E+08 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Lendutan elastisitas seketika akibat beban mati dan beban hidup :

$$\begin{aligned} \delta_e &= 5/384 \times Q \times L_x^4 / (E_c \times I_e) + 1/48 \times P \times L_x^3 / (E_c \times I_e) \\ &= 3,0105 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rasio tulangan slab jembatan

$$\begin{aligned}\rho &= A_s / (b \times d) \\ &= 663,325 / (1000 \times 210) \\ &= 0,0032\end{aligned}$$

Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 tahun), nilai :

$$\begin{aligned}\xi &= 2,0 \\ \lambda &= \xi / (1 + 50 \times \rho) \\ &= 2 / (1 + 50 \times 0,0032) \\ &= 1,727\end{aligned}$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut :

$$\begin{aligned}\delta_g &= \lambda \times 5/384 \times Q \times L^4 / (E_c \times I_e) \\ &= 1,727 \times 5/384 \times 8,94 \times 1850^4 / (25742,9602 \times 255978145) \\ &= 0,3574 \quad \text{mm}\end{aligned}$$

Lendutan total pada lantai jembatan :

$$\begin{aligned}\delta_{\text{tot}} &= \delta_e + \delta_g \\ &= 3,0105 + 0,3574 \\ &= 3,3679 \quad \text{mm} \\ \delta_{\text{tot}} &< \delta_{\text{max}} \\ 3,3679 &< 7,71 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

KONTROL TEGANGAN GESER PONS

Mutu beton K-0

$$\text{Kuat tekan beton, } f'_c = 30 \quad \text{MPa}$$

Kuat geser pons yang disyaratkan

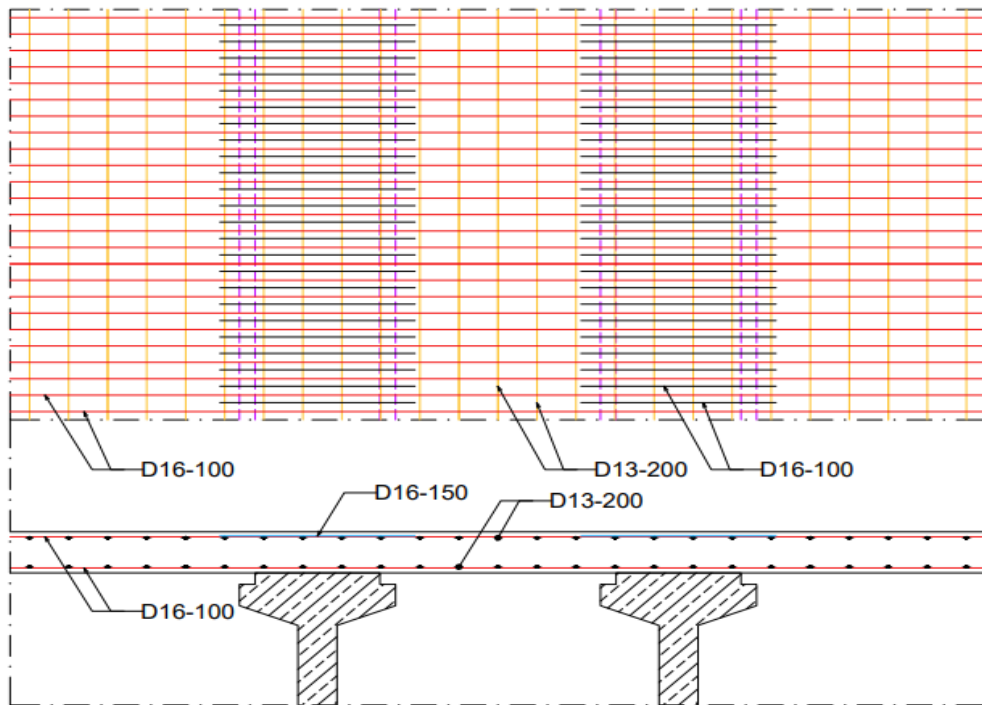
$$\begin{aligned}f_v &= 0,3 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 0,3 \times \sqrt{30} \\ &= 1,6432 \quad \text{MPa}\end{aligned}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser, } \phi = 0,6$$

Beban roda truk pada slab,

$$\begin{aligned}P_{\text{TT}} &= 140 \quad \text{Kn} \quad 1\text{E}+05 \quad \text{N} \\ h &= 0,25 \quad \text{m} \\ a &= 0,3 \quad \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b &= 0,5 \text{ m} \\
ta &= 0,05 \text{ m} \\
u &= (a + 2 \times ta + h) \times 1000 \\
&= (0,3 + 2 \times 0,05 + 0,25) \times 1000 \\
&= 650 \text{ mm} \\
v &= (b + 2 \times ta + h) \times 1000 \\
&= (0,5 + 2 \times 0,05 + 0,25) \times 1000 \\
&= 850 \text{ mm} \\
\text{Tebal efektif plat, } d &= 210 \text{ mm} \\
\text{Luas bidang geser} \\
Av &= 2 \times (u + v) \times d \\
, &= 2 \times (650 + 850) \times 210 \\
&= 630000 \text{ mm}^2 \\
\text{Gaya geser pons nominal} \\
Pn &= Av \times fv \\
&= 630000 \times 1,6432 \\
&= 1E+06 \text{ N} \\
&= \phi \times Pn \\
&= 0,6 \times 1035195,63 \\
&= 621117 \text{ N} \\
\text{Faktor beban ultimate, } K_{TT} &= 2 \\
\text{Beban Ultimate roda truk pada slab} \\
K_{TT} \times P_{TT} &= 2 \times 140000 \\
&= 3E+05 \text{ N} \\
K_{TT} \times P_{TT} &< \phi \times Pn \\
3E+05 &< 6E+05 \quad \mathbf{OK}
\end{aligned}$$



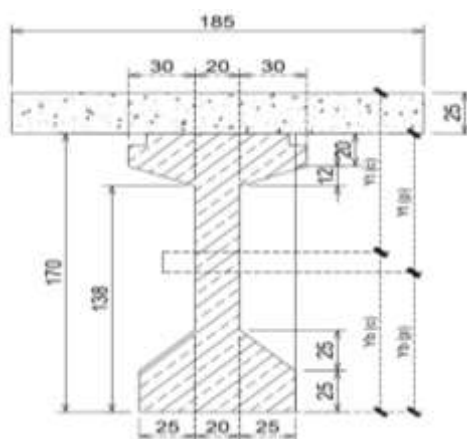
Gambar 4.10 Desain Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

4.4.3 Girder Beton Prategang

Dalam konteks penelitian Tugas Akhir ini, yang berfokus pada analisis struktural dan implementasi material pada proyek pembangunan Jembatan Cangkuk di Kota Magelang, tahapan krusial dalam pengadaan komponen struktur utama telah berhasil diselesaikan dengan pemesanan girder beton prategang precast, diafragma, dan shear connector dari PT Wijaya Karya (WIKA).

Pemilihan PT WIKA sebagai mitra penyedia material bukan tanpa alasan. Perusahaan ini dikenal luas atas komitmennya terhadap standar kualitas yang tinggi, kapasitas produksi yang mumpuni, serta rekam jejak yang solid dalam menyuplai berbagai proyek infrastruktur besar di Indonesia. Girder sebagai elemen lentur utama dalam menahan beban vertikal, diafragma yang berfungsi vital dalam mendistribusikan beban lateral dan menjaga kestabilan keseluruhan rangka, serta shear connector yang berperan penting dalam menciptakan aksi komposit antara baja dan beton pada lantai, merupakan komponen-komponen esensial yang saling terkait dan menentukan kinerja struktural bangunan secara keseluruhan.

Secara spesifik, girder yang dipesan adalah jenis PCI girder, diafragma, dan shear connector. Pemilihan dimensi dan jenis material ini didasarkan pada pertimbangan teknis seperti bentang jembatan, beban rencana, dan kondisi geoteknik lokasi proyek, yang bertujuan untuk mencapai desain struktur yang optimal dan efisien. Berikut gambar girder dan pembebanannya:



Technical drawing of a reinforced concrete beam cross-section. The left part shows a cross-section with a central octagonal core (hatched) and a surrounding concrete frame. The right part shows the dimensions: total width 165, total height 125, octagon side length 30, and concrete frame thickness 25.

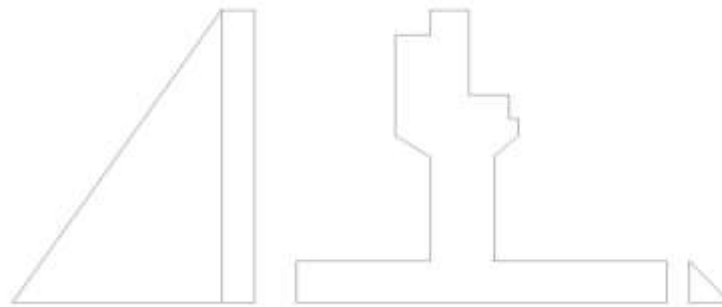
Gambar 4.12 Diafragma Precast

4.4 Perhitungan Struktur Bawah

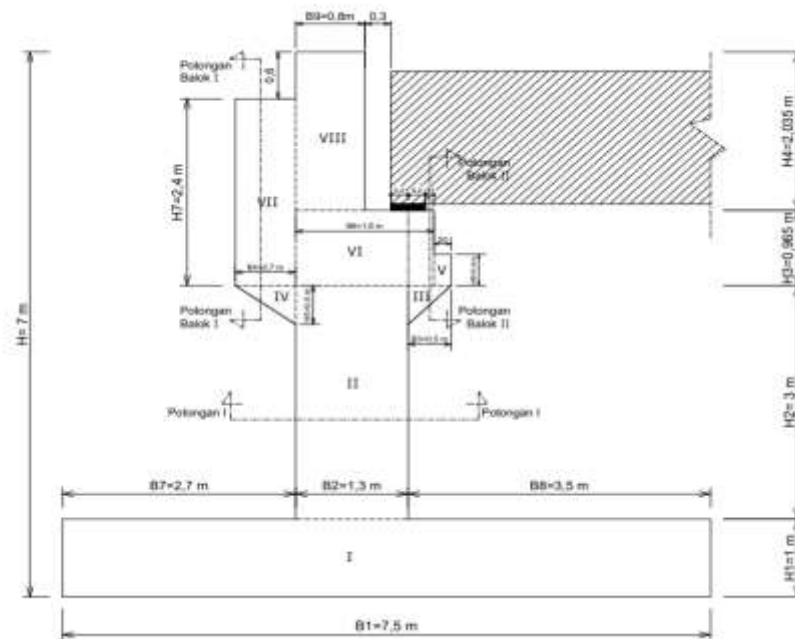
4.4.1 Perencanaan Abutment

Kepala jembatan (abutment) adalah suatu bangunan yang meneruskan beban (beban mati dan beban hidup) dari bangunan atas dan tekanan tanah ke pondasi. Apabila daya dukung tanah yang terdapat di bawah abutment tidak memenuhi maka daya dukungnya harus ditambah dengan pondasi dalam (pondasi *bored pile*). Adapun jenis pondasi yang digunakan adalah tergantung dari jenis tanah yang ada di bawah struktur tersebut.

Pada jembatan Cangkuk dengan bentang 30 meter dengan menggunakan pondasi *bored pile* dengan tinggi total abutment 6 meter dan lebar abutment 7,5 meter. Perencanaan abutment meliputi perencanaan pembebanan abutment, perhitungan stabilitas abutment dan penulangan abutment. (A, 2017)



Gambar 4.13 Desain Tekanan Aktif dan Pasif pada Abutment



Gambar 4.14 Dimensi Abutment dan Potongan

Lebar abutment	7,5	m
Berat jenis beton	25	kN / m ³
Berat jenis tanah	18	kN / m ³
Berat jenis tanah'	8,19	kN / m ³
q	15	kN / m ²
Beban rem	4	kN
Vu	1180	kN
C1	0	kN / m ³
C2	0	kN / m ³
Sudut geser	30	Derajat
H	7	m
H1	1	m
H2	3	m
H3	0,965	m
H4	2,035	m
H5	0,5	m

H6	0,4	m
H7	2,4	m
B1	7,5	m
B2	1,3	m
B3	0,5	m
B4	0,7	m
B5	0,2	m
B6	1,6	m
B7	2,7	m
B8	3,5	m
B9	0,8	m

Hitungan gaya vertikal dan gaya momen terhadap kaki depan (titik 0) diperlihatkan pada tabel:

Tabel 4.3 Hitungan Gaya Vertikal dan Gaya Momen

No	Berat W		Jarak dari 0	Momen
	(KN)		(m)	(KN m)
I	$7,5 \times 1,0 \times 25 =$	187,5	3,75	703,125
II	$1,5 \times 3 \times 25 =$	97,5	4,15	404,625
III	$0,5 \times 0,6 \times 0,3 \times 25 =$	3,125	3,333333333	10,4167
IV	$0,5 \times 0,8 \times 0,3 \times 25 =$	4,375	5,266666667	23,0417
V	$0,4 \times 0,5 \times 25 =$	2	3,1	6,2
VI	$1,7 \times 1 \times 25 =$	38,6	4	154,4
VII	$2 \times 0,8 \times 25 =$	42	5,15	216,3
VIII	$0,3 \times 2 \times 25 =$	40,7	4,4	179,08
Vu	$1180 =$	1180	1,75	2065
		1595,8		3762,19

Tekanan aktif total dan momen terhadap 0, dihitung dalam tabel :

$$K_a = \tan^2 (45 - 30/2)$$

$$= 0,33333333$$

Tabel 4.4 Perhitungan Tekanan Aktif Total Momen

No	Tekanan tanah aktif total		Jarak dari 0	Momen
	(KN)		m	KN m
1	$0,5 \times 7^2 \times 18 \times 0,3333$	147	2,333333333	343
2	$15 \times 7 \times 0,3333 + (4 \times 7 \times 0,3333)$	44,3333	3,5	155,17
			191,333	498,17

Tekanan pasif total dan momen terhadap 0, dihitung dalam tabel:

$$K_p = \tan^2 (45 + 30/2)$$

$$= 3$$

Tabel 4.5 Perhitungan Tekanan Pasif total dan Momen

No	Tekanan tanah pasif total		Jarak dari 0	Momen ke 0
1	$0,5 \times 18 \times 1^2 \times 3$	27	0,333333333	9
			27	9

Tinjauan terhadap stabilitas geser

$$F_{\text{geser}} = \frac{C + \Sigma W \tan \phi + \Sigma P_p}{\Sigma P_a} = \frac{0 \times 7,5 + 458,55 \times \tan 30 + 27}{191,333333}$$

$$= 4,95645763 > 1,5 \quad \text{OK!}$$

Tinjauan terhadap stabilitas guling

$$F_{\text{guling}} = \frac{\Sigma \text{penahan}}{\Sigma \text{pendorong}} = \frac{3753,18833}{498,166667}$$

$$= 7,53400134 > 2 \quad \text{OK!}$$

Tinjauan terhadap stabilitas daya dukung dalam hal ini akan dilakukan tinjauan berdasarkan rumus *terzaghi*.

$$(q_u = cN_c + P_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma)$$

Data *soil foundation* memiliki $\phi = 30$

Sehingga faktor daya dukung adalah sebagai berikut :

$$N_c = 18,99$$

$$N_q = 8,31$$

$$N_Y = 4,39$$

Telapak abutment terletak pada kedalaman $D_f = 0$

$$\begin{aligned} q_u &= cN_c + P_o N_q + 0,5 Y B N_Y \\ &= (0 \times 18,99) + ((18 \times 0) \times 8,31) + (0,5 \times 18 \times 7,5 \times 4,39) \\ &= 296,33 \quad \text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

Cek eksentrisitas

$$B/6 = 6/6 = 1,3$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{\Sigma \text{ penahan} - \Sigma \text{ pendorong}}{\Sigma V} \\ &= \frac{7,5}{2} - \frac{2036,105 - 498,1667}{1595,8} \\ &= 1,7103 < B/6 \quad \textbf{TIDAK OK!} \end{aligned}$$

Jadi $e < B/6$

Maka tegangan dibawah pondasi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} q &= [\Sigma V/B] \times [1 \pm 7,5e/B] \\ q_{\text{maks}} &= [458,55/7,5] \times [1 + 7,5 \times 0,396084/7,5] \\ &= 576,67 \quad \text{KN/m}^2 \\ q_{\text{min}} &= [\Sigma V/B] \times [1 \pm 7,5e/B] \\ &= [458,55/7,5] \times [1 - 7,5 \times 0,396084/7,5] \\ &= -151,1 \quad \text{KN/m}^2 \\ F_{\text{bearing}} &= q_u/q_{\text{maks}} \\ &= 296,325/85,35656 \\ &= 0,5139 > 3 \quad \textbf{TIDAK OK!} \end{aligned}$$

Penulangan Dinding Vertikal

Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor,

Bila y adalah kedalaman dari permukaan tanah urug, momen terfaktor yang bekerja pada dinding vertikal adalah sebagai berikut:

Potongan I-I

$$\begin{aligned} M_u &= (0,5 \times Y_{\text{tanah}} \times y^2 \times K_a \times (y/3) \times 1,2) + (0,5 \times q \times y^2 \times K_a \times 1,6) \\ &= (0,5 \times 18 \times 3,9303 \times (0,333/3) \times 1,2) + (0,5 \times 15 \times 3,9303 \times 0,333 \times 1,6) \end{aligned}$$

$$= 25,07$$

$$\begin{aligned} V_u &= (0,5 \times Y_{\text{tanah}} \times y^2 \times K_a \times 1,2) + (q \times y \times K_a \times 1,6) \\ &= (0,5 \times 18 \times 3,9303 \times 0,333 \times 1,2) + (15 \times 1,9825 \times 0,333 \times 1,6) \\ &= 30,01 \end{aligned}$$

Potongan II-II

$$\begin{aligned} M_u &= (0,5 \times Y_{\text{tanah}} \times y^2 \times K_a \times (y/3) \times 1,2) + (0,5 \times q \times y^2 \times K_a \times 1,6) \\ &\quad (0,5 \times 18 \times 1,05342 \times (0,333/3) \times 1,2) + (0,5 \times 15 \times 1,03531 \times 0,333 \times 1,6) \\ &= 1,6) \\ &= 5,405 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= (0,5 \times Y_{\text{tanah}} \times y^2 \times K_a \times 1,2) + (q \times y \times K_a \times 1,6) \\ &= (0,5 \times 18 \times 1,03531 \times 0,333 \times 1,2) + (15 \times 1,0175 \times 0,333 \times 1,6) \\ &= 11,87 \end{aligned}$$

Hitungan kebutuhan tulangan geser

Diasumsikan untuk digunakan tulangan utama D16

Tebal selimut 50 mm

Contoh perhitungan

Potongan I-I

$$d = 1300 - 50 - 16 = 1234 \text{ mm}$$

Beban geser terfaktor (dari tabel sebelumnya)

$$V_u = 30 \text{ kN}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= (1/6 \sqrt{f_c'}) \times b_w \times d = (1/6 \sqrt{30}) \times 1000 \times 1234 \\ &\quad (1/6 \sqrt{30}) \quad 0,91 = 1126483 \text{ N} \\ &= 1126,483 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = \phi V_c = 0,75 \times 1126,483 = 844,8620 > V_u$$

$$845 > V_u \quad \text{OK!!}$$

Potongan II-II

$$d = 800 - 50 - 16 = 734 \text{ mm}$$

Beban geser terfaktor (dari tabel sebelumnya)

$$V_u = 11,9 \text{ kN}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= (1/6 \sqrt{f_c'}) \times b_w \times d = (1/6 \sqrt{30}) \times 1000 \times 734 \\ &\quad (1/6 \sqrt{30}) \quad 0,91 = 670047,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 670,0473 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = \phi V_c = 0,75 \times 670,0473 = 502,5354 > V_u$$

$$503 > V_u \quad \text{OK!!}$$

Hasil hitungan ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.6 Hasil hitungan ditampilkan dalam Tabel

Potongan	f'_c (MPa)	b_w	D	V_c (kN)	$\phi V_n = \phi V_c$	V_u (kN)	Ket
I-I	30	1000	0	1126,48	844,8620	30,0091	OK!!
II-II	30	1000	0	670,047	502,5354	11,8671	OK!!

Karena seluruh nilai $\phi V_n = \phi V_c > V_u$, maka dinding vertikal tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang jarak minimum saja. Sebagai informasi, jarak maksimal tulangan geser tidak lebih dari 60 cm.

Digunakan tulangan geser D16-400/400

Hitungan Kebutuhan Tulangan Momen

Diasumsikan untuk digunakan tulangan utama D16

Tebal selimut 50 mm

Sebagai contoh perhitungan

Potongan I-I

$$M_u = 25,071 \text{ kN m}$$

$$d = 1300 - 50 - 16 = 1234 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Hitungan penulangan per meter panjang dinding

$$\left(-\frac{1}{2} \times 0,85 \times f'_c \times b\right) \times a^2 + \left(0,85 \times f'_c \times b \times d\right) \times a - \left(\frac{M_u}{\phi}\right) = 0$$

$$\left(-\frac{1}{2} \times 0,85 \times 30 \times 1000\right) a^2 + \left(0,85 \times 30 \times 1000 \times 1234\right) \times a - \left(\frac{25,0714 \times 10^6}{0,80}\right) = 0$$

$$(-12750) \times A^2 + (31467000) \times a - (31339279,46) = 0$$

$$\text{Dari rumus ABC diperoleh nilai } a = 0,9963434 \text{ mm}$$

$$A_s = 0,85 \times f'_c \times a \times b / f_y = 0,85 \times 30 \times 0,99634 \times 1000 / 420$$

$$= 60,492 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho = A_s/b \times d &= 60,4923 / (1000 \times 1234) \\ &= 4,902\text{E-}05 > \rho_{\min} \quad \text{TIDAK OK!!!}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dipakai } \rho_{\min} \text{ maka } A_s &= \rho \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 1234 \\ &= 2468 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ tulangan} &= A_s / 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 12,281051\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S \text{ tulangan} &= b/n \\ &= 1000/12,2811 \\ &= 81,426256 \text{ mm} \\ &= 82 \text{ mm} \quad (\text{dibulatkan})\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan D16-100

Potongan II-II

$$M_u = 5,405334 \text{ kN m}$$

$$d = 1300 - 50 - 16 = 734 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Hitungan penulangan per meter panjang dinding

$$(-1/2 \times 0,85 \times f_c \times b) \times a^2 + (0,85 \times f_c \times b \times d) \times a - (M_u/\phi) = 0$$

$$(-1/2 \times 0,85 \times 30 \times 1000) a^2 + (0,85 \times 30 \times 1000 \times 734) \times a - (5,4053 \times 10^6/0,80) = 0$$

$$(-12750) \times A_2 + (18717000) \times a - (6756667,414) = 0$$

$$\text{Dari rumus ABC diperoleh nilai } a = 0,3611 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}A_s = 0,85 \times f_c' \times a \times b / f_y &= 0,85 \times 30 \times 0,36108 \times 1000 / 420 \\ &= 21,9227 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho = A_s/b \times d &= 21,9227 / (1000 \times 734) \\ &= 3\text{E-}05 > \rho_{\min} \quad \text{TIDAK OK!!!}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dipakai } \rho_{\min} \text{ maka } A_s &= \rho \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 734 \\ &= 1468 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ tulangan} &= A_s / 0,25 \times \pi \times 16^2 \\ &= 7,30494 \quad \text{Dibulatkan} \quad 8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ tulangan} &= b/n \\
 &= 1000/7,30494 \\
 &= 136,894 \text{ mm} \\
 &= 137 \text{ mm} \quad (\text{dibulatkan})
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan D16-100

Perhitungan Tulangan Bagi, tulangan susut, dan tulangan bagi susut daerah Potongan II-II

Tulangan Bagi:

$$\begin{aligned}
 A_s\text{-bagi} &= 0,002 \times b \times h \\
 A_s\text{-bagi} &= 0,002 \times 1000 \times 800 \\
 &= 1600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul-bagi} &= 1600/0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 7,96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ tul-bagi} &= b/n \\
 &= 1000/7,96178 \\
 &= 126 \text{ mm} \\
 &= 126 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan Bagi D16-125

Tulangan Utama digunakan D16-100

Luasan Tulangan dalam lebar tinjau 1000 mm adalah sebagaiberikut:

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul} &= 1000/100 \\
 &= 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,25 \times \pi \times 16^2 \times 10 \\
 &= 2010 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan susut diambil 50% dari A_s tulangan utama:

$$\begin{aligned}
 A_s\text{-susut} &= 50\% \times 2009,6 \\
 &= 1005 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}n \text{ tul-bagi} &= 1004,8 / 0,25 \times \pi \times 16^2 \\&= 5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S \text{ tul-bagi} &= b/n \\&= 1000/5 \\&= 200 \quad \text{mm} \\&= 200 \quad \text{mm}\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan Susut D16 – 200

Tulangan bagi susut diambil 20% dari As tulangan Susut:

$$\begin{aligned}\text{As-susut} &= 20\% \times (0,25 \times \pi \times 16^2 \times 5) \\&= 201 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13

$$\begin{aligned}n \text{ tul-bagi} &= \text{As-susut} / 0,25 \times \pi \times 13^2 \\&= 200,96 / 0,25 \times \pi \times 13^2 \\&= 1,51\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S \text{ tul-bagi} &= b/n \\&= 1000/1,5147 \\&= 660 \quad \text{mm} \\&= 661 \quad \text{mm}\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan bagi susut D13-250

Perhitungan Tulangan Bagi, tulangan susut, dan tulangan bagi susut daerah

Potongan I-I

Tulangan Bagi:

$$\begin{aligned}\text{As-bagi} &= 0,002 \times b \times h \\ \text{As-bagi} &= 0,002 \times 1000 \times 1300 \\&= 2600 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}n \text{ tul-bagi} &= 1600 / 0,25 \times \pi \times 16^2 \\&= 12,93789809\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{\text{tul-bagi}} &= b/n \\
&= 1000/12,9380 \\
&= 77,29230769 \text{ mm} \\
&= 78 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan Bagi D16-100

Tulangan Utama digunakan D16-100

Luasan Tulangan dalam lebar tinjau 1000 mm adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
n_{\text{tul}} &= 1000/100 \\
&= 10 \text{ buah}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_s &= 0,25 \times \mu \times 16^2 \times 10 \\
&= 2009,6 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Tulangan susut diambil 50% dari A_s tulangan utama:

$$\begin{aligned}
A_{s-\text{susut}} &= 50\% \times 2009,6 \\
&= 1004,8 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}
n_{\text{tul-bagi}} &= 1004,8 / 0,25 \times \mu \times 16^2 \\
&= 5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{\text{tul-bagi}} &= b/n \\
&= 1000/5 \\
&= 200 \text{ mm} \\
&= 200 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan Susut D16 - 200

Tulangan bagi susut diambil 20% dari A_s tulangan Susut:

$$\begin{aligned}
A_{s-\text{susut}} &= 20\% \times (0,25 \times \mu \times 16^2 \times 5) \\
&= 200,96 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul-bagi} &= A_{s-\text{susut}} / 0,25 \times \rho_H \times 13^2 \\
 &= 200,96 / 0,25 \times \rho_H \times 13^2 \\
 &= 1,51479
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ tul-bagi} &= b/n \\
 &= 1000/1,51479 \\
 &= 660,156 \quad \text{mm} \\
 &= 661 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan bagi susut D13-200

Penulangan balok I

Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Untuk } x &= 0,35 \quad \text{m} \\
 q &= -151,124 + (0,35/0,7) \times (576,67 - (-151,123)) \\
 &= 212,773 \quad \text{kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Potongan Balok I

Gaya Geser, V_u

$$\begin{aligned}
 -(212,773 - (-151,124)) \times 0,5 \times 0,35 &= -63,6819944 \quad (\text{Reaksi Tanah}) \\
 -(-151,124) \times 0,35 &= 52,8933222 \quad (\text{Reaksi Tanah}) \\
 + (2,4 \times 25 \times 1,2) \times 0,35 &= 25,2 \quad (\text{Berat Pelat Terfaktor}) \\
 +(15 \times 1,6) \times 0,35 &= 8,4 \quad (\text{Beban } q \text{ terfaktor}) \\
 \mathbf{V_u} &= \mathbf{22,8113278 \quad kN}
 \end{aligned}$$

Momen, M_u

$$\begin{aligned}
 -(151,124 \times (0,35^2/2)) &= 9,25633139 \quad (\text{Reaksi Tanah}) \\
 -(212,773 - (-151,124)) \times 0,5 \times 0,35^2/3 &= -7,42956602 \quad (\text{Reaksi Tanah}) \\
 +(0,35 \times 2,4 \times 25) \times 0,175 \times 1,2 &= 4,41 \quad (\text{Berat Pelat Terfaktor}) \\
 + (0,35 \times 15) \times 0,175 \times 1,6 &= 1,47 \quad (\text{Beban } q \text{ terfaktor}) \\
 \mathbf{M_u} &= \mathbf{7,70676537 \quad kN}
 \end{aligned}$$

Hitungan Kebutuhan Tulangan Geser

Potongan Balok I

$$\text{Beban Geser Terfaktor (Vu)} = 22,8113 \text{ kN}$$

$$d = 2400 - 50 - 16$$

$$= 2334 \text{ mm}$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = (1/6 \times \sqrt{f_c}) \times b_w \times d$$

$$= (1/6 \times \sqrt{30}) \times 1000 \times 2334$$

$$= 2130641 \text{ N} = 2130,64 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = \phi V_c = 0,75 \times 2130,64 = 1597,98 \text{ kN} > V_u$$

OK (Tidak perlu tulangan geser)

Hitungan Kebutuhan Tulangan Momen

Potongan Balok I

$$\text{Beban Momen Terfaktor (Mu)} = 7,70677 \text{ kN}$$

$$d = 2400 - 50 - 16$$

$$= 2334 \text{ mm}$$

Hitungan penulangan per meter panjang dinding

$$(-1/2 \times 0,85 \times f_c \times b) \times a^2 + (0,85 \times f_c \times b \times d) \times a - (M_u/\phi) = 0$$

$$(-1/2 \times 0,85 \times 30 \times 1000) \times a^2 + (0,85 \times 30 \times 1000 \times 2334) \times a - (7,70677 \times 10^6/0,80) = 0$$

$$(-12750) \times a^2 + (59517000) \times a - (9633456,7) = 0$$

$$\text{Dari rumus ABC diperoleh nilai } a = 0,16187 \text{ mm}$$

$$A_s = 0,85 \times f'_c \times a \times b / f_y$$

$$= 0,85 \times 30 \times 0,16187 \times 1000 / 420$$

$$= 9,827590863 \text{ mm}^2$$

$$\rho = A_s / b \times d$$

$$= 4,21062\text{E-}06 > \rho_{\min} \text{ TIDAK OK!!!}$$

$$\text{Dipakai } \rho_{\min} \text{ maka } A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 4668 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = A_s / 0,25 \times \pi \times 16^2$$

$$= 23,2285$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ tulangan} &= b/n \\
 &= 43,0506 \text{ mm} \\
 &= 44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan D16-100

Perhitungan Tulangan Bagi, tulangan susut, dan tulangan bagi susut daerah Potongan Balok I-I

Tulangan Bagi:

$$\begin{aligned}
 As\text{-bagi} &= 50\% \times As \text{ Tulangan Pokok} \\
 As\text{-bagi} &= 50\% \times (0,25 \times \mu \times 16^2 \times 23,2285) \\
 &= 2334 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul-bagi} &= 2334 / 0,25 \times \mu \times 16^2 \\
 &= 11,61425159
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ tul-bagi} &= b/n \\
 &= 1000 / 11,61425 \\
 &= 86,10111397 \text{ mm} \\
 &= 87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan Bagi D16-100

Tulangan Utama digunakan D16-100

Luasan Tulangan dalam lebar tinjau 1000 mm adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul} &= 1000 / 100 \\
 &= 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As &= 0,25 \times \mu \times 16^2 \times 10 \\
 &= 2009,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan susut diambil 50% dari As tulangan utama:

$$\begin{aligned}
 As\text{-susut} &= 50\% \times 2009,6 \\
 &= 1004,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}n \text{ tul-bagi} &= 1004,8 / 0,25 \times \mu \times 16^2 \\&= 5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S \text{ tul-bagi} &= b/n \\&= 1000/5 \\&= 200 \quad \text{mm} \\&= 200 \quad \text{mm}\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan Susut D16 - 200

Tulangan bagi susut diambil 20% dari As tulangan Susut:

$$\begin{aligned}\text{As-susut} &= 20\% \times (0,25 \times \mu \times 16^2 \times 5) \\&= 200,96 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13

$$\begin{aligned}n \text{ tul-bagi} &= \text{As-susut} / 0,25 \times \mu \times 13^2 \\&= 200,96 / 0,25 \times \mu \times 13^2 \\&= 1,514793\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S \text{ tul-bagi} &= b/n \\&= 1000/1,51479 \\&= 660,1563 \quad \text{mm} \\&= 661 \quad \text{mm}\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan bagi susut D13-200

Penulangan balok II

Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor

$$\begin{aligned}\text{Untuk } x &= 0,25 \quad \text{m} \\q &= -151,124 + (0,25/0,5) \times (576,67 - (-151,123)) \\&= 212,7733 \quad \text{kN/m}^2\end{aligned}$$

Potongan Balok II

$$\begin{aligned}\text{Gaya Geser, } V_u &= \\-(212,773 - (-151,124)) \times 0,5 \times 0,25 &= -45 \quad (\text{Reaksi Tanah}) \\-(-151,124) \times 0,25 &= 38 \quad (\text{Reaksi Tanah})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
+ (0,965 \times 25 \times 1,2) \times 0,25 &= 7 \quad (\text{Berat Pelat Terfaktor}) \\
+ (15 \times 1,6) \times 0,25 &= 6 \quad (\text{Beban } q \text{ terfaktor}) \\
\mathbf{Vu} &= \mathbf{6 \quad kN}
\end{aligned}$$

Momen, Mu

$$\begin{aligned}
-(151,124 \times (0,25^2/2)) &= 5 \quad (\text{Reaksi Tanah}) \\
-(212,773 - (-151,124)) \times 0,5 \times 0,25^2/3 &= -4 \quad (\text{Reaksi Tanah}) \\
+ (0,25 \times 0,965 \times 25) \times 0,125 \times 1,2 &= 1 \quad (\text{Berat Pelat Terfaktor}) \\
+ (0,25 \times 15) \times 0,125 \times 1,6 &= 1 \quad (\text{Beban } q \text{ terfaktor}) \\
\mathbf{Mu} &= \mathbf{3 \quad kN}
\end{aligned}$$

Hitungan Kebutuhan Tulangan Geser

Potongan Balok II

$$\text{Beban Geser Terfaktor (Vu)} = 5,5313 \quad \text{kN}$$

$$d = 965 - 50 - 16$$

$$= 899 \quad \text{mm}$$

Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}
V_c &= (1/6 \times \sqrt{f_c}) \times b_w \times d \\
&= (1/6 \times \sqrt{30}) \times 1000 \times 899 \\
&= 820671 \quad \text{N} = 820,671 \quad \text{kN}
\end{aligned}$$

$$\phi V_n = \phi V_c = 0,75 \times 820,671 = 615,5 \quad \text{kN} > Vu$$

Hitungan Kebutuhan Tulangan Momen

Potongan Balok II

$$\text{Beban Momen Terfaktor (Mu)} = 3 \quad \text{kN}$$

$$d = 965 - 50 - 16$$

$$= 899 \quad \text{mm}$$

Hitungan penulangan per meter panjang dinding

$$(-1/2 \times 0,85 \times f_c \times b) \times a^2 + (0,85 \times f_c \times b \times d) \times a - (Mu/\phi) = 0$$

$$(-1/2 \times 0,85 \times 30 \times 1000) \times a^2 + (0,85 \times 30 \times 1000 \times 899) a - (2,58671 \times 10^6/0,80) = 0$$

$$(-12750) a^2 + (22924500) a - (3233388,3) = 0$$

$$\text{Dari rumus ABC diperoleh nilai } a = 0,14106 \quad \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,85 \times f'_c \times a \times b / f_y \\
 &= 0,85 \times 30 \times 0,14106 \times 1000 / 420 \\
 &= 8,564124146 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= A_s / b \times d \\
 &= 9,52628\text{E-}06 > \rho_{\min} \quad \text{TIDAK OK!!!} \quad \text{Di SNI } \rho_{\min} \text{ adalah } 0,002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dipakai } \rho_{\min} \text{ maka } A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 1798 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= A_s / 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 8,94705414
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s \text{ tulangan} &= b / n \\
 &= 111,7686318 \quad \text{mm} \\
 &= 112 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan D16-100

Perhitungan Tulangan Bagi, tulangan susut, dan tulangan bagi susut daerah Potongan Balok II-II

Tulangan Bagi:

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{-bagi}} &= 50\% \times A_s \text{ Tulangan Pokok} \\
 A_{s\text{-bagi}} &= 50\% \times (0,25 \times \pi \times 16^2 \times 8,9471) \\
 &= 899 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}
 n \text{ tul-bagi} &= 899 / 0,25 \times \pi \times 16^2 \\
 &= 4,47
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S \text{ tul-bagi} &= b / n \\
 &= 1000 / 4,4735 \\
 &= 224 \quad \text{mm} \\
 &= 224 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan Bagi D16-200

Tulangan Utama digunakan D16-200

Luasan Tulangan dalam lebar tinjau 1000 mm adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}n \text{ tul} &= 1000/200 \\&= 5 \quad \text{buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As &= 0,25 \times \pi \times 16^2 \times 5 \\&= 1005 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan susut diambil 50% dari As tulangan utama:

$$\begin{aligned}As\text{-susut} &= 50\% \times 1004,8 \\&= 502 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}n \text{ tul-bagi} &= 502,4 / 0,25 \times \pi \times 16^2 \\&= 2,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s \text{ tul-bagi} &= b/n \\&= 1000/2,5 \\&= 400 \quad \text{mm} \\&= 400 \quad \text{mm}\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan Susut D16 - 200

Tulangan bagi susut diambil 20% dari As tulangan Susut:

$$\begin{aligned}As\text{-susut} &= 20\% \times (0,25 \times \pi \times 16^2 \times 2,5) \\&= 100 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

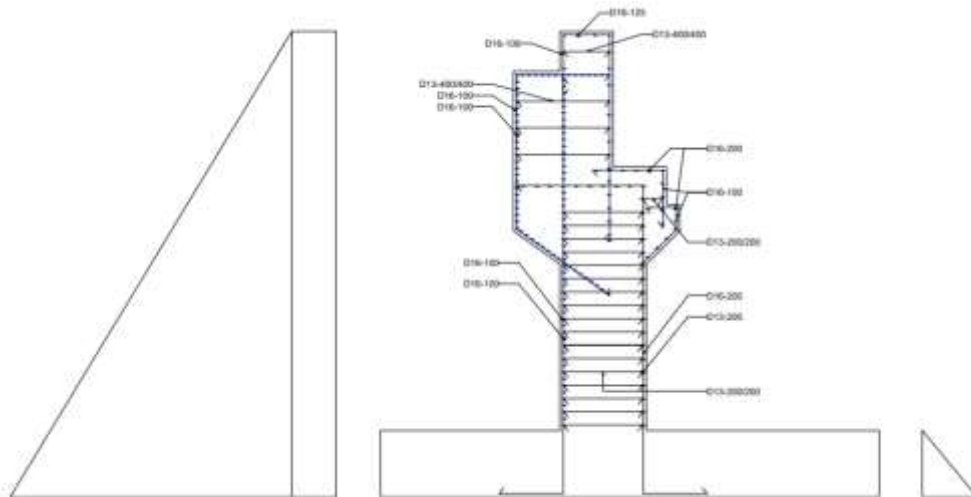
Digunakan tulangan D13

$$\begin{aligned}n \text{ tul-bagi} &= As\text{-susut} / 0,25 \times \pi \times 13^2 \\&= 100,48 / 0,25 \times \pi \times 13^2 \\&= 0,76\end{aligned}$$

$$S \text{ tul-bagi} = b/n$$

$$\begin{aligned}
 &= 1000/0,7574 \\
 &= 1320 \quad \text{mm} \\
 &= 1321 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan bagi susut D13-400



Gambar 4.15 Detail Tulangan Pada Abutment

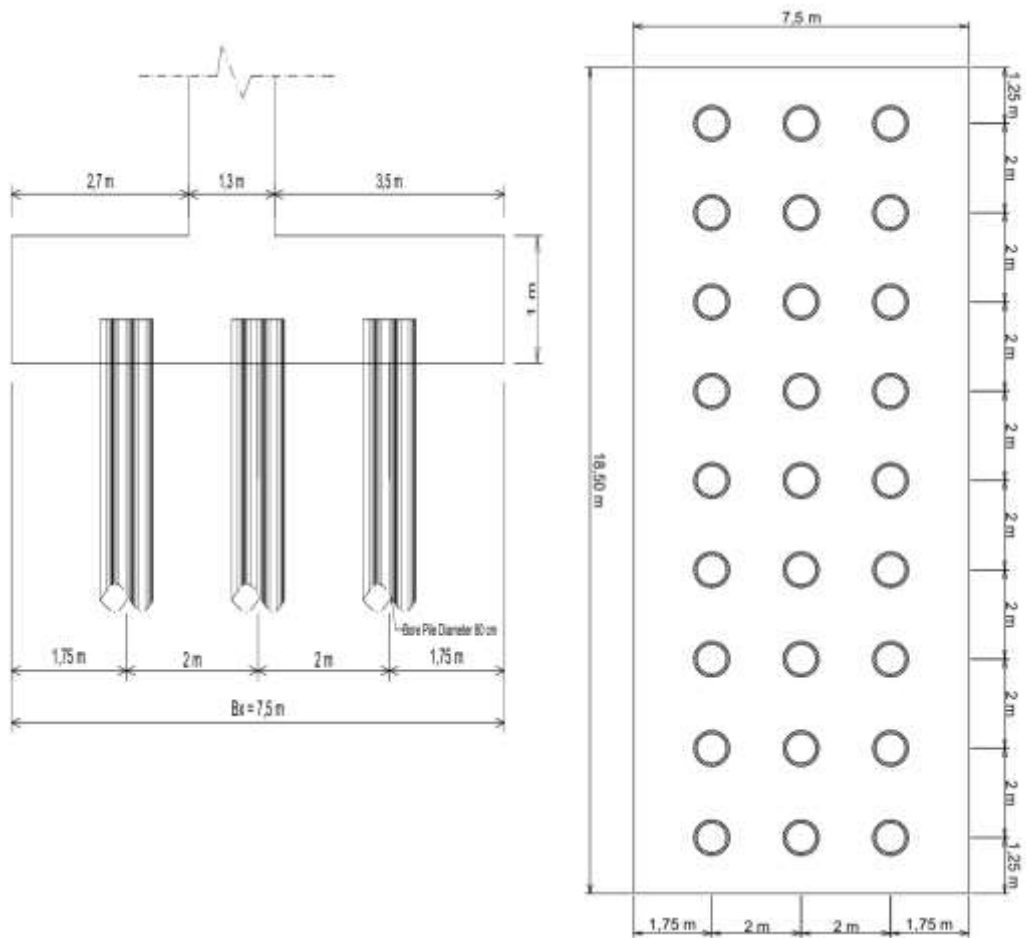
4.4.2 Perencanaan Pile Cape

4.4.2.1 Momen rencana

Gaya geser maksimal pile cap disebabkan oleh P_{maks} tiang bor = 3539.67 kN yang diperoleh dari beban perhitungan All pile.

Jumlah baris tiang bor, n_b	=	9	
Jumlah tiang bor/baris, n_t	=	3	
Jarak antar baris, x_b	=	2	m
Jarak antar <i>bored pile</i> dalam satu baris, x_t	=	2	m
Diameter abutment, D	=	1,3	m
Lebar pile cap arah x, B_x	=	7,5	m
Lebar pile cap arah y, B_y	=	18,5	m

a. Ditinjau Arah X



Gambar 4.16 Gaya Reaksi Pile Cap Ditinjau dari Arah X

$$x_p = \frac{[B_x - (n_t - 1) \times x_t]}{2} = \frac{[7.5 - (3 - 1) \times 2]}{2} = 1.75 \text{ m}$$

Tabel 4.7 Perhitungan Momen Maksimum Pile cap Arah X

Jarak Tiang Terhadap Pusat Pile Cap X _{pi} (m)		Lengan Terhadap Sisi Luar Pilar X _i (m)		M = (n _b)x(P _{maks})x(X _i) (kN.m)
X _{p1} = B _x /2 - X _p	3,8	X ₁ = X _{p1} - B/2	3,1	98756,793
M maks pada pile-cap, M _p =				98756,793

Tabel 4.8 Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Berat Sendiri Pilecap

Kode	Parameter Berat Bagian				Berat (kN)	Lengan (kN)	Momen (kN.m)
	b (m)	h (m)	Lebar (m)	Bj Beton (kN/m ³)			
W1	3,5	1	18,5	25	1619	1,75	2832,8125
$\Sigma P_{ms} =$					1619	$\Sigma M_{ms} =$	2832,8125

Faktor beban untuk berat sendiri, $K = 1,25$

Maka:

$$P_{MS} = K \times \Sigma P_{MS} = 1,25 \times 1618,75 = 2023,438 \text{ kN}$$

$$M_{MS} = K \times \Sigma M_{MS} = 1,25 \times 2832,8125 = 3541,016 \text{ kN.m}$$

Momen rencana ultimit pile cap, $M_u =$

$$M_u = M_p - M_{MS} = 98756,793 - 3541,02 = 95215,78 \text{ kN.m}$$

Gaya geser rencana ultimit pile cap, $V_u =$

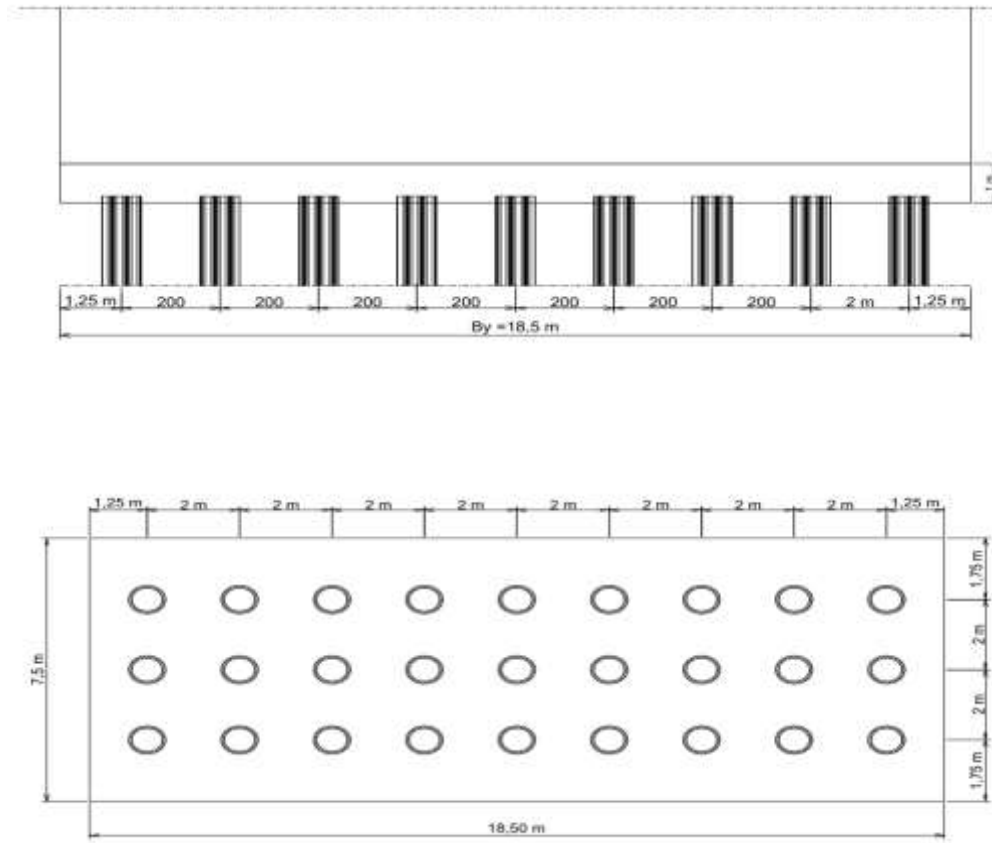
$$V_u = (3 \times n_b \times P_{maks}) - P_{MS} = (3 \times 9 \times 3539,67) - 2023,44 = 93547,653 \text{ kN}$$

Karena ditinjau selebar 1 m, maka dengan lebar *pile cap* $B_y = 18,5 \text{ m}$

$$M_u = \frac{M_u}{B_y} = \frac{95216}{18,5} = 5146,798777 \text{ kN.m}$$

$$V_u = \frac{V_u}{B_y} = \frac{93548}{18,5} = 5056,629865 \text{ kN}$$

b. Ditinjau Arah Y



Gambar 4.17 Gaya Reaksi Pile Cap Ditinjau dari Arah Y

Jarak pusat tiang bor ke tepi luar *pile cap* :

$$x_p = \frac{[B_y - (n_b - 1) \times x_t]}{2} = \frac{[18.5 - (9 - 1) \times 2]}{2} = 1,25 \text{ m}$$

Tabel 4.9 Perhitungan Momen Maksimum Pile Cap Arah Y

Jarak Tiang Terhadap Pusat Pile Cap X_{pi} (m)		Lengan Terhadap Sisi Luar Pilar X_i (m)		$M = (n_t) \times (P_{maks}) \times (X_i)$ (kN.m)
$X_{p1} = X_{pt} - X_p$	3	$X_1 = X_{p1} - B/2$	1,85	19645,1685
M maks pada pile-cap, $M_p =$				19645,1685

Tabel 4.10 Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Berat Sendiri Pile Cap

Kode	Parameter Berat Bagian				Berat (kN)	Lengan (kN)	Momen (kN.m)
	b (m)	h (m)	Lebar (m)	Bj Beton (kN/m ³)			
W1	1,25	1	7,5	25	234	0,625	146,484375
$\Sigma P_{ms} =$					234	$\Sigma M_{ms} =$	146,484375

Faktor beban untuk berat sendiri, $K = 1,25$

Maka:

$$P_{MS} = K \times \Sigma P_{MS} = 1,25 \times 234,375 = 292,97 \text{ kN}$$

$$M_{MS} = K \times \Sigma M_{MS} = 1,25 \times 146,484375 = 183,11 \text{ kN.m}$$

Momen rencana ultimit pile cap, $M_u =$

$$M_u = M_P - M_{MS} = 19645,1685 - 183,105 = 19462 \text{ kN.m}$$

Gaya geser rencana ultimit pile cap, $V_u =$

$$V_u = (1 \times n_b \times P_{maks}) - P_{MS} = (1 \times 9 \times 3539,67) - 292,969 = 31564,061 \text{ kN}$$

Karena ditinjau selebar 1 m, maka dengan lebar *pile cap* $B_x = 7,5 \text{ m}$

$$M_u = \frac{M_u}{B \times} = \frac{19462,063}{7,5} = 2594,941738 \text{ kN.m}$$

$$V_u = \frac{V_u}{B \times} = \frac{31564,0613}{7,5} = 4208,5415 \text{ kN}$$

4.4.2.2 Perhitungan Pembesian Pile Cap

$$\text{Kuat tekan beton, } f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat leleh baja, } f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Faktor bentuk distribusi tegangan beton, } \beta_1 = 0,85$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan lentur, } \phi = 0,9$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser, } \phi = 0,6$$

a. Perhitungan Tulangan Lentur

- Ditinjau dari Arah X

Momen rencana ultimit pile cap, M_u	=	5146,80	kN.m
Tebal pile cap, h_t	=	1000	mm
Tebal selimut beton	=	50	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = (50 + (0.5 \times 22))$	=	61	mm
Tebal efektif slab, $d = h - d' =$	=	939	mm
Ditinjau selebar 1 m, b	=	1000	mm
D tulangan	=	22	mm

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{420}{0.85 \times 30} = 16,4706$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \beta \times 1/m \times (600/(600 + f_y)) \\ &= \beta \times 1/16,4706 \times (600/(600 + 420)) \\ &= 0,0304\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \times F_y \times (1 - ((0,5 \times 0,75 \times \rho_b \times F_y)/(0,85 \times f'_c)) \\ &= 0,75 \times 0,0304 \times 420 \times (1 - ((0,5 \times 0,75 \times 0,0304 \times 420)/(0,85 \times 30)) \\ &= 7,77 \quad \text{MPa}\end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5146,8 \times 10^6}{0,9} = 5718665308 \quad \text{N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{5718665308}{1000 \times (939^2)} = 6,4858 \quad \text{MPa} \leq R_{\max}$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} (1 - \sqrt{1 - (2 \times R_n / 0,85 \times f'_c)}) \\ &= \frac{1}{16,4706} (1 - \sqrt{1 - (2 \times 6,4858 / 0,85 \times 30)}) \\ &= 0,0182\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times P_b \\ &= 0,75 \times 0,0304 \\ &= 0,0228\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} \\ &= 0,0033\end{aligned}$$

Ternyata, $\rho_{\min} = 0,0033 < \rho = 0,0182 < \rho_{\max} = 0,0228$

Sehingga rasio tulangan yang digunakan $= \rho = 0,0033$

Luas tulangan pokok =

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 939 \\ &= 3130 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan D 22 mm

$$\begin{aligned}A_{1\phi} &= 1/4 \times \pi \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}s &= \frac{A_{1\phi} \times b}{A_s} \\ &= \frac{379,94 \times 1000}{3130} \\ &= 121,3866 \text{ mm} \quad 100 \text{ mm}\end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_{1\phi} \times b}{A_s} \\ &= \frac{379,94 \times 1000}{100} \\ &= 3799,4 \text{ mm}^2 > A_s = 3130 \text{ mm}^2 \text{ OKE!}\end{aligned}$$

Jadi Dipakai Tulangan D22-100mm

- Ditinjau dari Arah Y

Momen rencana ultimit pile cap, M_u	=	2595	kN.m
Tebal pile cap, h_t	=	1000	mm
Tebal selimut beton	=	50	mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = (50 + (0,5 \times 22))$	=	61	mm
Tebal efektif slab, $d = h - d =$	=	939	mm
Ditinjau selebar 1 m, b	=	1000	mm
D tulangan		22	mm

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,5$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \beta \times 1/m \times (600/(600 + f_y)) \\ &= \beta \times 1/16,47058824 \times (600/(600 + 420)) \\ &= 0,030357\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \times F_y \times (1 - ((0,5 \times 0,75 \times \rho_b \times F_y)/(0,85 \times F'_c)) \\ &= 0,75 \times 0,0304 \times 420 \times (1 - ((0,5 \times 0,75 \times 0,0304 \times 420)/(0,85 \times 30)) \\ &= 7,769531 \quad \text{MPa}\end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2594,94 \times 10^6}{0,9} = 2,883\text{E}+09 \quad \text{N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2,9\text{E}+09}{1000 \times 939^2} = 3,2700464 \quad \text{MPa} \leq R_{\max} \quad \text{OKE!}$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} (1 - \sqrt{1 - (2 \times R_n / 0,85 \times f'_c)}) \\ &= \frac{1}{16,47059} (1 - \sqrt{1 - (2 \times 3,27005 / 0,85 \times 30)}) \\ &= 0,0084\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \times P_b \\ &= 0,75 \times 0,0304 \\ &= 0,0228\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} \\ &= 0,0033\end{aligned}$$

Ternyata, $\rho_{\text{min}} = 0,0033 < \rho = 0,0084 < \rho_{\text{max}} = 0,0228$

Sehingga rasio tulangan yang digunakan $= \rho = 0,0033$

Luas tulangan pokok =

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 1000 \times 939 \\ &= 3130 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan diameter 22 mm

$$\begin{aligned}A_{1\phi} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}s &= \frac{A_{1\phi} \times b}{A_s} \\ &= \frac{379,94 \times 1000}{3130} \\ &= 121,3866 \text{ mm} \quad 100 \text{ mm}\end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_1 \phi \times b}{A_s} \\
&= \frac{379,94 \times 1000}{100} \\
&= 3799,4 \quad \text{mm}^2 > A_s = 3130 \quad \text{mm}^2 \\
&\quad \text{OKE!}
\end{aligned}$$

Jadi Dipakai Tulangan D22-100mm

b. Perhitungan Tulangan Geser

- Ditinjau dari Arah X

$$\text{Gaya geser ultimit pile cap, } Vu = 5056,63 \text{ kN} = 5056630 \text{ N}$$

$$\text{Lebar pile cap, } By = 18500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\
&= 1/6 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 934 \\
&= 15857937 \quad \text{kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi \times V_c &= 0,6 \times 15773497 \\
&= 9514762 \quad \text{N}
\end{aligned}$$

$$\phi \times V_c > Vu \quad \text{OKE!}$$

Sehingga tidak diperlukan tulangan geser.

- Ditinjau dari Arah Y

$$\text{Gaya geser ultimit pile cap, } Vu = 4208,54 \text{ kN} = 420854 \text{ N}$$

$$\text{Lebar pile cap, } Bx = 7500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\
&= 1/6 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 934 \\
&= 6428894 \quad \text{kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi \times V_c &= 0,6 \times 6428893,5 \\
&= 3857336 \quad \text{N}
\end{aligned}$$

$$\phi \times V_c > Vu \quad \text{OKE!}$$

Sehingga tidak diperlukan tulangan geser.

Jadi digunakan tulangan Geser D13-300/300

c. Perhitungan Tulangan Susut

- Ditinjau dari Arah X

Tinggi pile cap, ht = 1000 mm

$$\begin{aligned}A_{sst} &= 0,0018 \times b \times h \\&= 0,0018 \times 1000 \times 1000 \\&= 1800 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan D 19

$$\begin{aligned}A_{1\phi} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\&= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19^2 \\&= 283,385 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}s &= \frac{A_{1\phi} \times b}{A_s} \\&= \frac{283,385 \times 1000}{1800} \\&= 157,4361 \text{ mm} \quad 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_{1\phi} \times b}{A_s} \\&= \frac{283,385 \times 1000}{150} \\&= 1889,233 \text{ mm}^2 > A_s = 1800 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

OKE!

Jadi Dipakai Tulangan Susut D19-150mm

- Ditinjau dari Arah Y

Tinggi pile cap, $ht = 1000 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{sst} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 1000 \\ &= 1800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan diameter 19

$$\begin{aligned} A_{1\phi} &= 1/4 \times \pi \times 19^2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 19^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

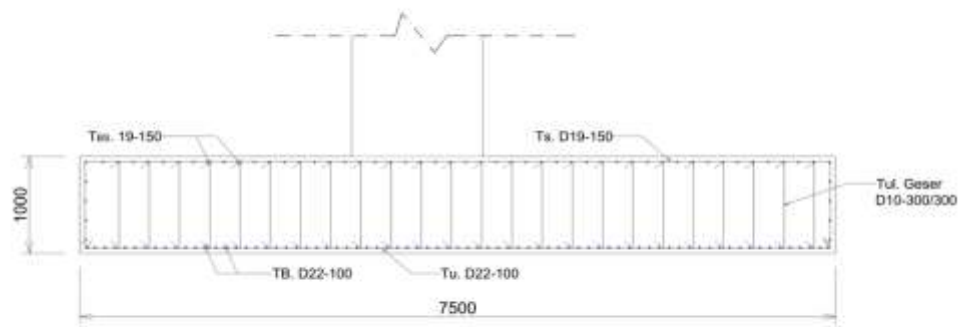
Jarak tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_{1\phi} \times b}{A_s} \\ &= \frac{283,385 \times 1000}{1800} \\ &= 157,4361111 \text{ mm} \quad 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_{1\phi} \times b}{A_s} \\ &= \frac{283,385 \times 1000}{150} \\ &= 1889,233333 \text{ mm}^2 > A_s = 1800 \text{ mm}^2 \quad \text{OKE!} \end{aligned}$$

Jadi Dipakai Tulangan Susut D19-150mm



Gambar 4.18 Detail Penulangan Pile Cap Abutment

(Rahmawati, 2018)

4.5 Perencanaan Pondasi

4.5.1 Perhitungan Daya Dukung Bored Pile

Perhitungan Kapasitas Daya dukung Tiang Berdasarkan Uji Sondir

Tabel 4.11 Data Perhitungan Sondir

DEPTH (M)	qc kg/cm2	qc + f kg/cm2	Fs kg/cm2	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%	DEPTH (M)	qc kg/cm2	qc + f kg/cm2	Fs kg/cm2	TF kg/cm	FR (Fs/qc)%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.20	22.00	30.00	0.80	402.00	3.64
0.20	25.00	26.00	0.10	2.00	0.40	10.40	28.00	35.00	0.70	416.00	2.50
0.40	10.00	12.00	0.20	6.00	2.00	10.60	20.00	24.00	0.40	424.00	2.00
0.60	5.00	8.00	0.30	12.00	6.00	10.80	22.00	23.00	0.10	426.00	0.45
0.80	5.00	8.00	0.30	18.00	6.00	11.00	17.00	18.00	0.10	428.00	0.59
1.00	5.00	8.00	0.30	24.00	6.00	11.20	22.00	30.00	0.80	444.00	3.64
1.20	2.00	4.00	0.20	28.00	10.00	11.40	27.00	30.00	0.30	450.00	1.11
1.40	2.00	5.00	0.30	34.00	15.00	11.60	85.00	86.00	0.10	452.00	0.12
1.60	5.00	8.00	0.30	40.00	6.00	11.80	112.00	113.00	0.10	454.00	0.09
1.80	5.00	8.00	0.30	46.00	6.00	12.00	130.00	131.00	0.10	456.00	0.08
2.00	5.00	8.00	0.30	52.00	6.00	12.20	28.00	30.00	0.20	460.00	0.71
2.20	8.00	12.00	0.40	60.00	5.00	12.40	35.00	40.00	0.50	470.00	1.43
2.40	12.00	16.00	0.40	68.00	3.33	12.60	32.00	37.00	0.50	480.00	1.56
2.60	10.00	16.00	0.60	80.00	6.00	12.80	40.00	42.00	0.20	484.00	0.50
2.80	10.00	17.00	0.70	94.00	7.00	13.00	16.00	18.00	0.20	488.00	1.25
3.00	25.00	32.00	0.70	108.00	2.80	13.20	17.00	20.00	0.30	494.00	1.76
3.20	18.00	20.00	0.20	112.00	1.11	13.40	18.00	22.00	0.40	502.00	2.22
3.40	12.00	15.00	0.30	118.00	2.50	13.60	18.00	22.00	0.40	510.00	2.22
3.60	12.00	15.00	0.30	124.00	2.50	13.80	13.00	16.00	0.30	516.00	2.31
3.80	12.00	15.00	0.30	130.00	2.50	14.00	12.00	14.00	0.20	524.00	3.33
4.00	12.00	17.00	0.50	140.00	4.17	14.20	33.00	38.00	0.50	534.00	1.52
4.20	12.00	20.00	0.80	156.00	6.67	14.40	85.00	86.00	0.10	536.00	0.12
4.40	12.00	20.00	0.80	172.00	6.67	14.60	87.00	90.00	0.30	542.00	0.34
4.60	67.00	68.00	0.10	174.00	0.15	14.80	90.00	93.00	0.30	548.00	0.33
4.80	52.00	53.00	0.10	176.00	0.19	15.00	185.00	186.00	0.10	550.00	0.05
5.00	48.00	49.00	0.10	178.00	0.21	15.20	25.00	26.00	0.10	552.00	0.36
5.20	7.00	8.00	0.10	180.00	1.43	15.40					
5.40	5.00	6.00	0.10	182.00	2.00	15.60					
5.60	13.00	16.00	0.30	188.00	2.31	15.80					
5.80	11.00	17.00	0.60	200.00	5.45	16.00					
6.00	11.00	17.00	0.60	212.00	5.45	16.20					
6.20	10.00	15.00	0.50	222.00	5.00	16.40					
6.40	10.00	15.00	0.50	232.00	5.00	16.60					
6.60	10.00	14.00	0.40	240.00	4.00	16.80					
6.80	10.00	14.00	0.40	248.00	4.00	17.00					
7.00	12.00	15.00	0.30	254.00	2.50	17.20					
7.20	12.00	15.00	0.30	260.00	2.50	17.40					
7.40	12.00	14.00	0.20	264.00	1.67	17.60					
7.60	12.00	15.00	0.30	270.00	2.50	17.80					
7.80	15.00	20.00	0.50	280.00	3.33	18.00					
8.00	20.00	23.00	0.30	286.00	1.50	18.20					
8.20	24.00	28.00	0.40	294.00	1.67	18.40					
8.40	20.00	24.00	0.40	302.00	2.00	18.60					
8.60	20.00	24.00	0.40	310.00	2.00	18.80					
8.80	18.00	22.00	0.40	318.00	2.22	19.00					
9.00	18.00	24.00	0.60	330.00	3.33	19.20					
9.20	18.00	24.00	0.60	342.00	3.33	19.40					
9.40	12.00	17.00	0.50	352.00	4.17	19.60					
9.60	12.00	17.00	0.50	362.00	4.17	19.80					
9.80	15.00	20.00	0.50	372.00	3.33	20.00					
10.00	18.00	25.00	0.70	386.00	3.89						

$$\text{Rencana kedalaman pondasi bored pile} = 14,00 \text{ m} \quad 1400 \text{ cm}$$

Mencari qca :

Mencari Nilai N rerata

kalau *bored pile* sondir 1,5D keatas dan 1,5D kebawah

$$\begin{aligned} \text{Jadi } 1,5D \text{ keatas} &= 1,5 \times 0,80 = 1,2 \text{ m} \\ 1,5D \text{ kebawah} &= 1,5 \times 0,80 = 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi Nilai N rerata nya adalah:

$$\begin{aligned} qca &= \frac{40+16+17+18+18+13+12+33+85+87+90+185+250}{13} \\ &= 66,46 \text{ (Ini adalah qca)} \end{aligned}$$

$$\gamma_c \text{ gamma beton} = 25 \text{ kN / m}^3$$

$$\begin{aligned} W \text{ total} &= (W \text{ abutment} \times \text{lebar jembatan}) + (V_u \text{ girder} \times 9) \\ &= (415,8 \times 18,5) + (1180 \times 9) \\ &= 18312,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Data perencanaan bored pile BP

$$\text{Tipe Bored Pile} = \text{BP}$$

$$\text{Diameter Bored Pile} = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Bored Pile} = 14 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Didapatkan nilai qca} &= 66,461538 \text{ Kg/cm}^2 \\ &= 6646,1538 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Bored Pile } A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times (22/7) \times 0,8^2 \\ &= 0,5028571 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tahanan ujung satuan } Q_b &= qca \times A_b \\ &= 6646,1538 \times 0,5028571 \\ &= 3342,0659 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tahanan selimut tiang } Q_s &= \pi \times D \times JHP \\
&= (22/7) \times 0,8 \times 524 \\
&= 1317,4857 \quad \text{kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat sendiri } Bored \text{ Pile } W &= 1/4 \times \pi \times D^2 \times L \times \gamma_c \\
&= 1/4 \times (22/7) \times 0,8^2 \times 14 \times 25 \\
&= 176 \quad \text{kN}
\end{aligned}$$

Daya dukung ijin pondasi *Bored Pile* :

$$\begin{aligned}
Q_{all} &= (Q_b/SF) + (Q_s/SF) - W \\
&= (3342,0659/3) - (1317,4857/5) - 176 \\
&= 1201,5191 \quad \text{kN}
\end{aligned}$$

Dari data dukung ijin diatas maka selanjutnya akan digunakan untuk merencanakan jumlah tiang *bored pile*. Diambil nilai gaya aksial total.

$$W_{\text{total}} = 18312,3 \quad \text{kN}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah tiang, } n &= W_{\text{total}}/Q_{all} \\
&= 18312,3/1201,5191 \\
&= 15,241 \quad \text{dibulatkan} \quad 27
\end{aligned}$$

$$\text{Direncanakan jarak antar tiang adalah } S = 2 \quad \text{m}$$

$$n = 9$$

$$m = 3$$

$$D/S = 0,4$$

$$\tan^{-1}$$

$$\Theta = D/S$$

$$= \tan^{-1} 0,8/S$$

$$= 21,8014$$

Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right) \Theta$$

$$= 0,62319$$

$$62,3186 \quad \%$$

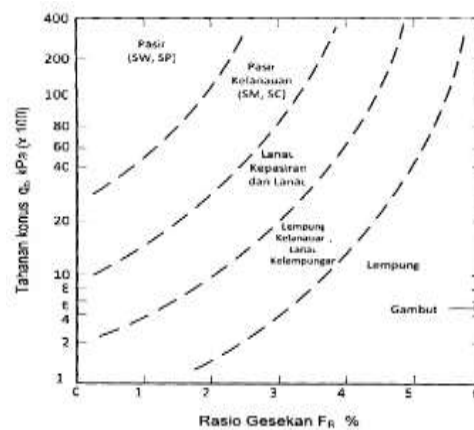
$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all}$$

$$= 0,623185 \times 27 \times 1201,5191$$

$$= 20216,8 \quad \text{kN} > 18312 \quad \text{kN} \quad \text{AMAN}$$

4.5.2 Perhitungan Penurunan dan Defleksi Menggunakan Software *Allpile*

Berikut perhitungan serta grafik korelasi parameter



Gambar 4.19 Grafik Korelasi Parameter

Tabel 4.12 Perhitungan Korelasi q_c , Parameter, Kepadatan relative sudut geser tanah

Depht (m)	Cone Resistant (Mpa)	Parameter	Sudut geser (°)	Kohesi (kN/m ²)	Konsistensi	Kepadatan
0	0	Lempung kelanauan, lanau kelempungan	30°	0	sangat lunak	
1	0.05	Lempung	30°	25	sangat lunak	
2	0.05	Lempung	30°	25	sangat lunak	
3	0.25	Lanau kepasiran dan lanau	30°	125		lepas
4	0.12	Lempung	30°	60	sedang	
5	0.48	Pasir	30°	240		lepas
6	0.11	Lempung	30°	55	sedang	
7	0.12	Lempung kelanauan, lanau kelempungan	30°	60	sedang	
8	0.2	Pasir kelanauan (sm sc)	30°	100		sangat lepas
9	0.18	Lempung kelanauan, lanau kelempungan	30°	90	sedang	
10	0.18	Lempung kelanauan, lanau kelempungan	30°	90	sedang	
11	0.17	Pasir kelanauan (sm sc)	30°	85		sangat lepas
12	1.3	Pasir	30°	650		sedang
13	0.16	Lanau kepasiran dan lanau	30°	80		sangat lepas
14	0.12	Lempung kelanauan, lanau kelempungan	30°	60	sedang	

Berikut perhitungan untuk pembebaanannya:

$$\begin{aligned}
 \text{Vertikal (Q) kN} &= (W \text{ abutment} \times \text{lebar jembatan}) + (V_u \text{ girder} \times 9) \\
 &= (415,8 \times 18,5) + (1180 \times 9) \\
 &= 18312,3 \quad \text{kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Geser (P) kN} &= \Sigma \text{ Pendorong} \times \text{lebar jembatan} \\
 &= 191,333 \times 18,5 \\
 &= 3539,67 \quad \text{kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen (M) kN} &= (\Sigma \text{ Penahan} - \text{Pendorong}) \times \text{lebar jembatan} \\
 &= (3762,19 - 498,167) \times 18,5 \\
 &= 60384,4 \quad \text{kN}
 \end{aligned}$$

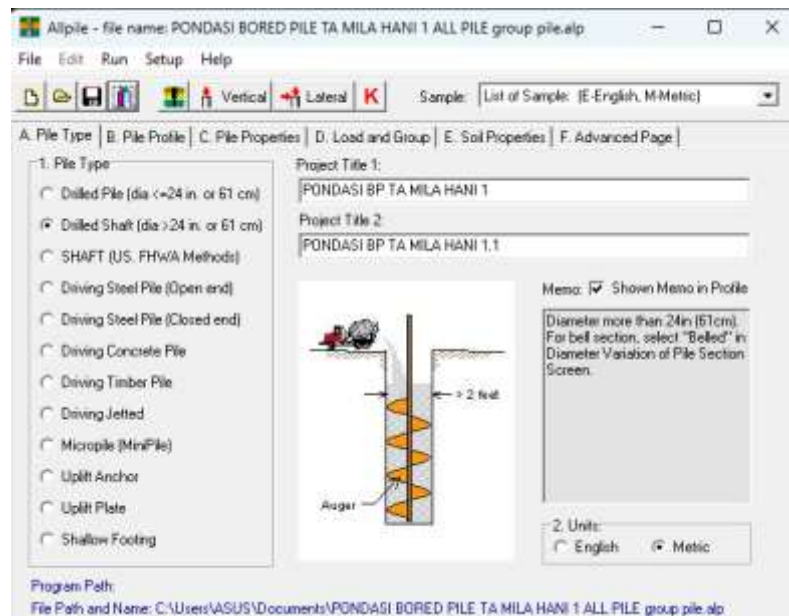
$$\begin{aligned}
 \text{Vertikal (Q) kN} &= (W \text{ abutment} \times \text{lebar jembatan}) + (V_u \text{ girder} \times 9) \\
 &= (415,8 \times 18,5) + (1180 \times 9) \\
 &= 18312,3 \quad \text{kN} \quad \text{dibagi } 27 = 678,23 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Geser (P) kN} &= \Sigma \text{ Pendorong} \times \text{lebar jembatan} \\
 &= 191,333 \times 18,5 \\
 &= 3539,67 \quad \text{kN} \quad \text{dibagi } 27 = 131,09877 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.5.2.1 Hasil dan Pembahasan Penurunan

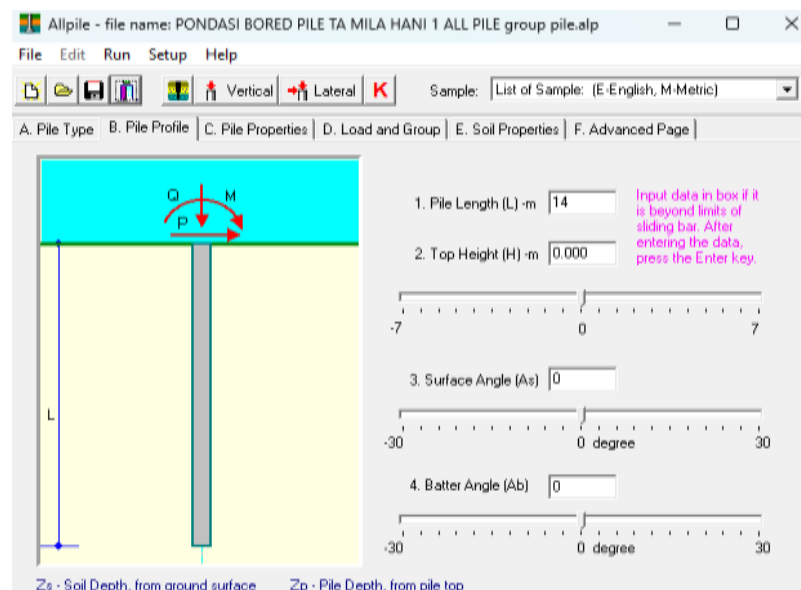
Terdapat beberapa tahapan untuk melakukan analisis penurunan pada pondasi *bored pile* menggunakan software Allpile yaitu sebagai berikut:

1. Pile pile tipe atau tipe pondasi yang akan digunakan yaitu bor dan dicor dilokasi dengan tipe pondasi Drilled Shaft (dia > 24 in. or 61 cm) seperti pada Gambar 4.20 berikut:



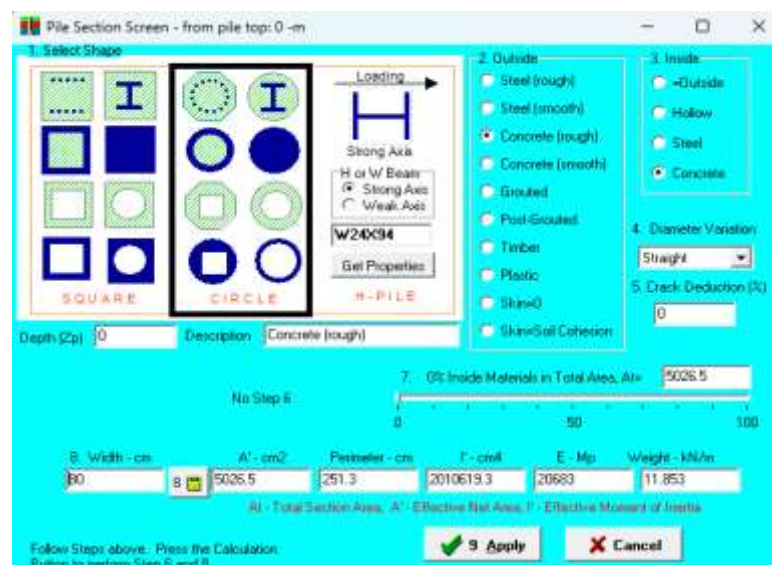
Gambar 4.20 Pile Type All pile

- Selanjutnya pilih pile profil untuk memasukkan data perencanaan terkait pile length (L), top height (H), surface angle (A_s) dan batter angle (A_b). Pada perencanaan pondasi bored pile ini digunakan pile length (L) 14 m sesuai dengan hasil penyelidikan tanah seperti pada Gambar 4.21 berikut:



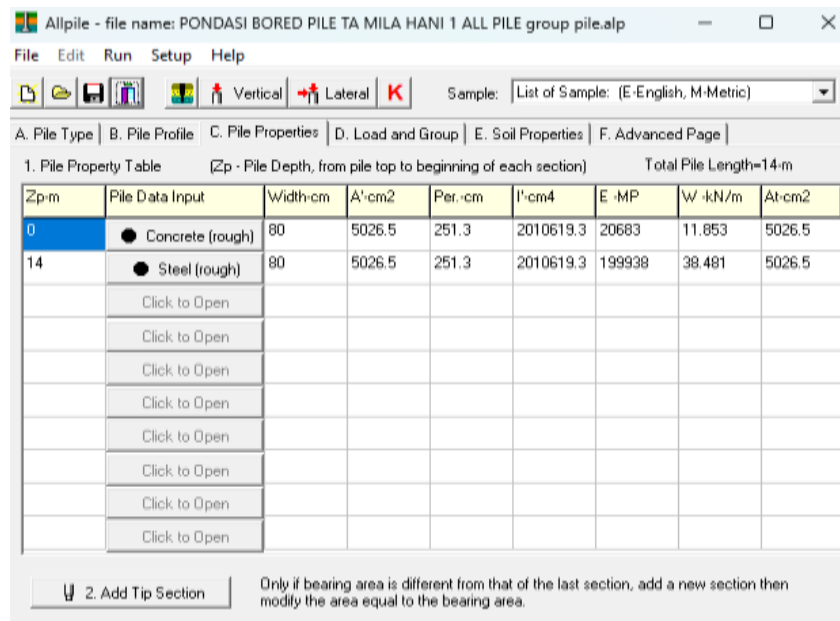
Gambar 4.21 Pile Profile Allpile

- Kemudian pilih pile properties lalu pilih pile data input untuk memasukkan data terkait karakteristik bored pile yang digunakan seperti bentuk pondasi, jenis material dan dimensi pondasi. Dalam merancang pondasi *bored pile* ini, akan diterapkan penggunaan bored pile dengan diameter 80 cm, untuk material yang dipakai adalah (concrete smooth) sesuai dengan spesifikasi bored pile yang digunakan dengan permukaan halus. Input pile properties dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut:



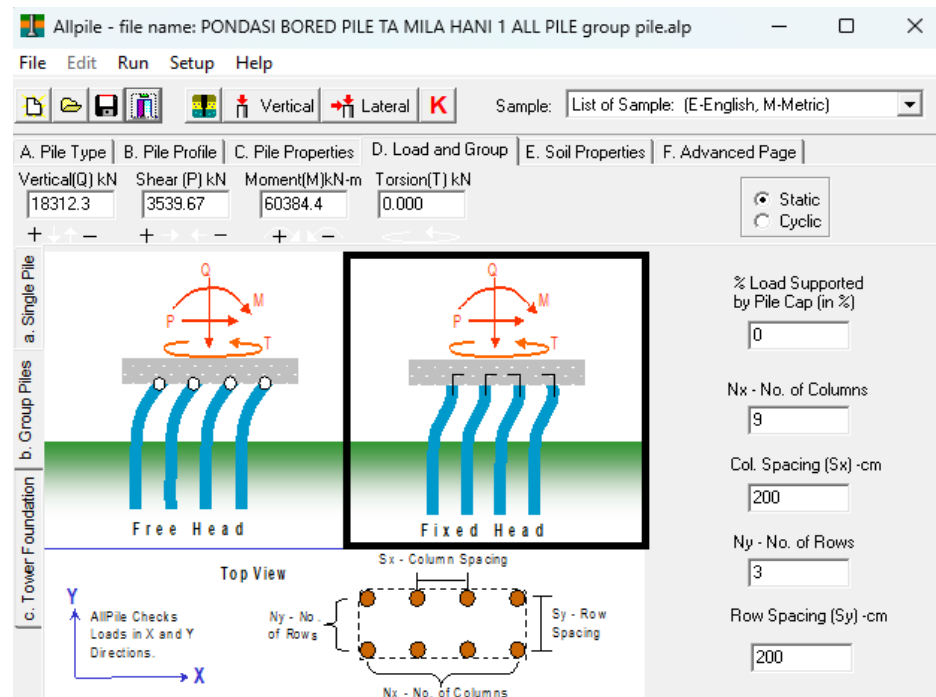
Gambar 4.22 Select Shape Concrete

- Setelah input data karakteristik *bored pile*, untuk input kedalaman pondasi yang direncanakan 14 meter. Kedalaman tersebut diambil dari perencanaan *bored pile* sesuai dengan hasil penyelidikan tanah yang didapatkan pada kedalaman tersebut telah mencapai tanah keras. Untuk input karakteristik *bored pile* dapat dilihat pada Gambar 4.23 dibawah ini:



Gambar 4.23 Pile Properties All Pile

5. Beban yang diperoleh dari hasil perhitungan data proyek adalah beban total struktur pondasi ultimate sebesar 18312,3 kN/m dengan gaya geser 3539,67 kN/m dan momen 60384,4 kN/m. Hasil analisis struktur tersebut didapatkan dari hasil analisis menggunakan software excel. Untuk jumlah tiang yang diasumsikan berjumlah 27 pile dengan jarak antar tiang 200 cm. Karena analisis struktur *bored pile* dilakukan pada pondasi bored pile kelompok, maka metode yang digunakan adalah group pile. Selain itu karena digunakan pilecap, kondisi diasumsikan sebagai Fixed Head. Input load and group dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut:



Gambar 4. 24 Load Group Allpile

6. Kemudian dilanjutkan input soil properties sesuai data karakteristik tanah pada lokasi proyek. Data tanah yang diperlukan adalah nilai N-SPT atau CPT. Pada penelitian ini digunakan data N-SPT dan korelasikan sesuai parameter-parameter tanah yang relevan seperti nilai kohesi tanah (C_u), berat jenis (γ), indeks plastisitas (Φ), kerapatan relative (e_{50}/D_r) dan kekakuan tanah (k). Input soil properties dapat dilihat pada Gambar 4.25 berikut:

Allpile - file name: PONDASI BORED PILE TA MILA HANI 1 ALL PILE group pile.alp

File Edit Run Setup Help

Sample: List of Sample: (E-English, M-Metric)

A. File Type | B. File Profile | C. File Properties | D. Load and Group | E. Soil Properties | F. Advanced Page

1. Soil Property Table (Zs - Soil Depth, from ground to beginning of each layer) 2. Water Table (An additional layer is required at water table) 0.000 3. Surface Elevation (Optional input)

Zs-m	Soil Data Input	G-kN/m ³	Phi	C-kN/m ²	k-MN/m ³	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay [W]	4.4	30	0.1	0.1	5.38	0	1
2	Soft Clay [W]	5.7	30	25	3.8	3.53	1	1
4	Soft Clay [W]	7.3	30	60	9.8	1.98	3	1
6	Soft Clay [W]	7.0	30	55	8.6	2.13	2	1
8	Sand/Gravel[W]	6.9	30	100	3.4	18.58	5	4
10	Soft Clay [W]	8.3	30	90	14.6	1.55	4	1
12	Sand/Gravel[W]	9.6	30	650	27.1	67.37	32	4
14	Soft Clay [W]	7.3	30	60	9.8	1.98	3	1
	Click to Open							
	Click to Open							

Gambar 4.25 Soil Properties Allpile

7. Untuk safety factor (SF) digunakan 2 sesuai dengan SNI 8460-2017.
Input safety factor dapat dilihat pada Gambar 4.26 berikut:

Allpile - file name: PONDASI BORED PILE TA MILA HANI 1 ALL PILE group pile.alp

File Edit Run Setup Help

Sample: List of Sample: (E-English, M-Metric)

A. File Type | B. File Profile | C. File Properties | D. Load and Group | E. Soil Properties | F. Advanced Page

1. Zero Friction (Non-load zone) and Negative Friction (Downdrag force): Input Soil Depth (Zs)

☐ Zero Friction from to ☐ Negative Friction from to Factor 1 Auto

☐ Zero Friction from to ☐ Negative Friction from to Factor 1

2. ☐ Zero Tip Resistance 3. Tip resistance based on stratum from pile tip extends to 10 times of pile diameter (10 recommended).

4. Analysis Parameters:

Parameters: Value [1]: Value [2]	Value [1]	Value [2]
FS for Downward: [1] FS_side; [2] FS_tip	2.0	2.0
FS for Uplift: [1] FS_side; [2] FS_weight	2.0	1.0
Load Factor: [1] Vertical,Q; [2] Lateral,P,M,T	1.0	1.0
(Critical Depth)/(Pile Diameter): [1] Side; [2] Tip	20.0	20.0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip -kN/m ² (No Limit: 9999)	9999.0	9999.0
Allowable Deflection: [1] Vertical, x_allow [2] Lateral, y_allow -cm	2.5	2.5
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1.0	1.0

5. Load - Settlement Relation (t-z curve)
☒ Vesic Method ☐ Reese Method

6. Define p-y, t-z Output Points

Gambar 4.26 Advanced Page Allpile

8. Output hasil analisis dapat dilihat pada submittal report. Hasil analisis daya dukung bored pile didapatkan nilai daya dukung ijin kelompok (Q_g) sebesar 20216,8 ton/m². Output dari analisis Allpile dapat dilihat pada Gambar 4.27 berikut:

VERTICAL ANALYSIS RESULTS

Depth - s, f, Q Data

Load - Settlement Data

Capacity - Length Data

Length From 0.000 to 30.480

☒ Ultimate ☐ Allowable

t - z Curve

q - w Curve

Submittal Report

Summary Report

Detailed Report

To MS-Excel

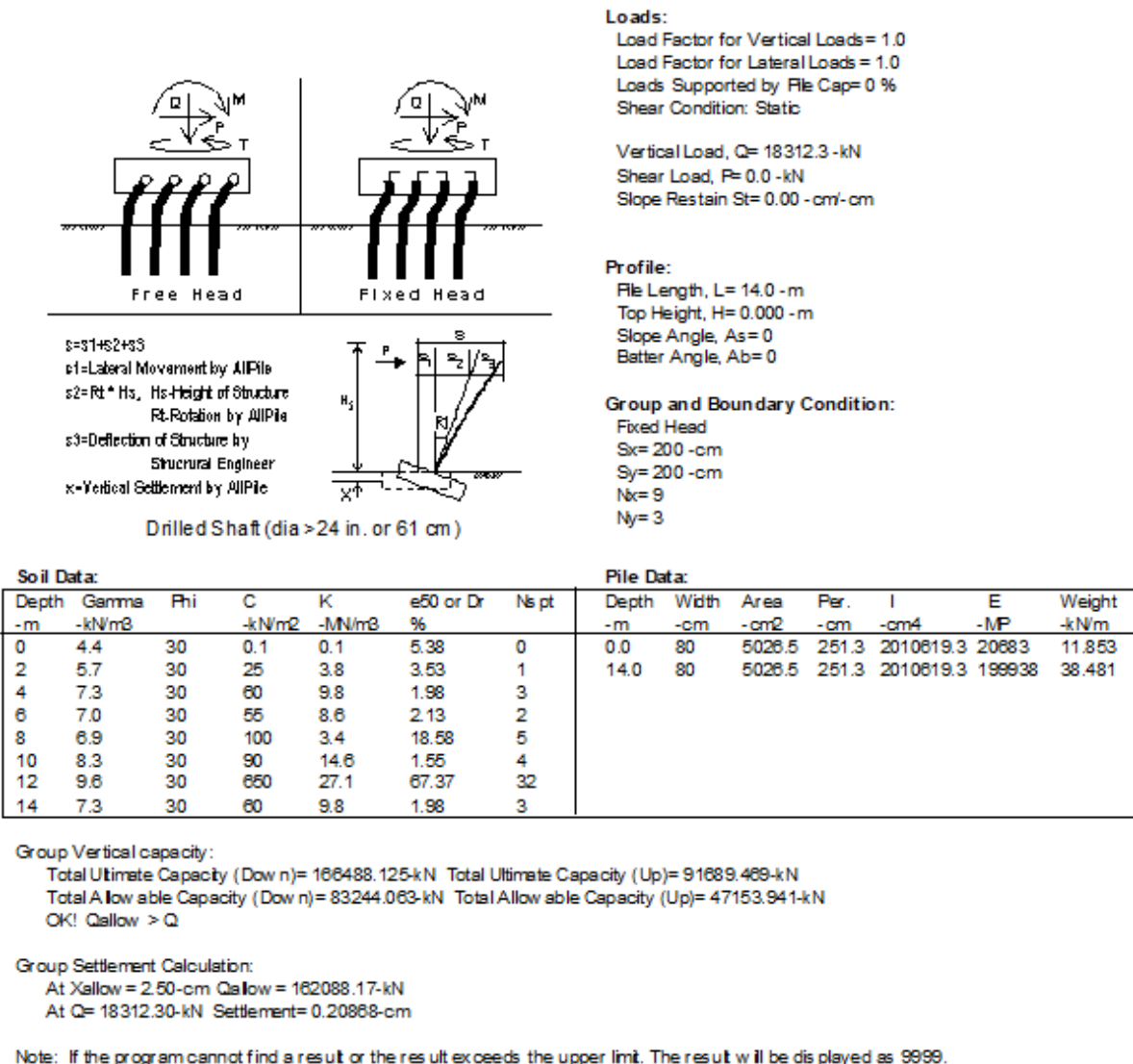
Figure No. Figure 1

Close

Gambar 4.27 Submittal Report Allpile

VERTICAL ANALYSIS

Figure 1

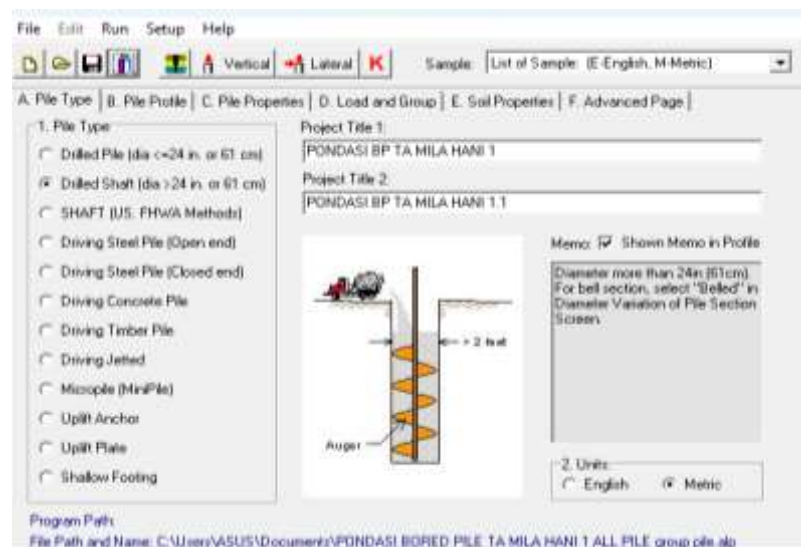


Gambar 4.28 Hasil Output Penurunan Allpile

4.5.2.2 Hasil dan Pembahasan Defleksi

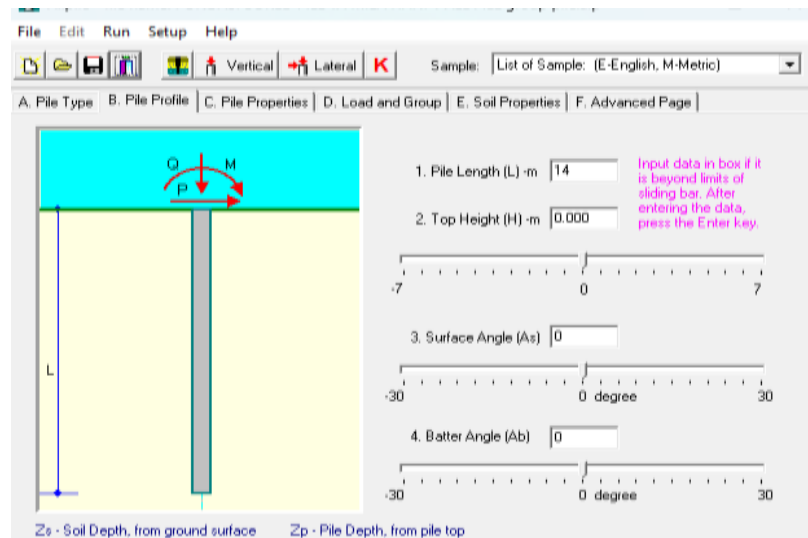
Terdapat beberapa tahapan untuk melakukan analisis defleksi pada pondasi bored pile menggunakan software Allpile yaitu sebagai berikut:

1. Pile pile tipe atau tipe pondasi yang akan digunakan yaitu bor dan dicor dilokasi dengan tipe pondasi Drilled Shaft (dia > 24 in. or 61 cm) seperti pada Gambar 4.29 berikut:



Gambar 4.29 Pile type

2. Selanjutnya pilih pile profil untuk memasukkan data perencanaan terkait pile length (L), top height (H), surface angle (As) dan batter angle (Ab). Pada perencanaan pondasi bored pile ini digunakan pile length (L) 14 m sesuai dengan hasil penyelidikan tanah seperti pada Gambar 4.30 berikut:



Gambar 4.30 Pile Profile

3. Kemudian pilih pile properties lalu pilih pile data input untuk memasukkan data terkait karakteristik *bored pile* yang digunakan seperti bentuk pondasi, jenis material dan dimensi pondasi. Dalam merancang pondasi *bored pile* ini, akan diterapkan penggunaan *bored pile* dengan diameter 80 cm, untuk material yang dipakai adalah (concrete smooth) sesuai dengan spesifikasi *bored pile* yang digunakan dengan permukaan halus. Input pile properties dapat dilihat pada Gambar 4.31 berikut:

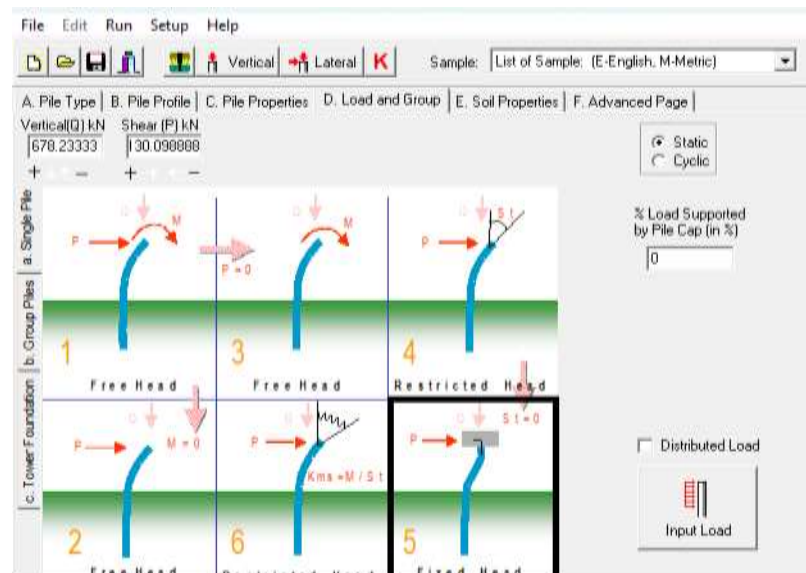
Gambar 4.31 Selct Shape

4. Setelah input data karakteristik *bored pile*, untuk input kedalaman pondasi yang direncanakan 14 meter. Kedalaman tersebut diambil dari perencanaan *bored pile* sesuai dengan hasil penyelidikan tanah yang didapatkan pada kedalaman tersebut telah mencapai tanah keras. Untuk input karakteristik *bored pile* dapat dilihat pada Gambar 4.32 dibawah ini:

Zp-m	Pile Data Input	Width-cm	A'-cm²	Per.-cm	I'-cm⁴	E-Mp	W'-kN/m	At-cm²
0	● Concrete (rough)	80	5026.5	251.3	2010619.3	20683	11.853	5026.5
14	● Steel (rough)	80	5026.5	251.3	2010619.3	199938	38.481	5026.5
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							
	Click to Open							

Gambar 4.32 Pile Propertiese

5. Beban yang diperoleh dari hasil perhitungan data proyek adalah beban total struktur pondasi ultimate sebesar 18312,3 kN/m dibagi 27 tiang yaitu 678,23333 dengan gaya geser 3539,67 kN/m dibagi 27 tiang yaitu 130,0999 Hasil analisis struktur tersebut didapatkan dari hasil analisis menggunakan *sowftware* excel. Untuk jumlah tiang yang diasumsikan berjumlah 27 pile dengan jarak antar tiang 200 cm. Karena analisis struktur *bored pile* dilakukan pada pondasi *bored pile* kelompok, maka metode yang digunakan adalah group pile. Selain itu karena digunakan pilecap, kondisi diasumsikan sebagai Fixed Head. Input load and group dapat dilihat pada Gambar 4.33 berikut:



Gambar 4.33 Load and Group

6. Kemudian dilanjutkan input soil properties sesuai data karakteristik tanah pada lokasi proyek. Data tanah yang diperlukan adalah nilai N-SPT atau CPT. Pada penelitian ini digunakan data N-SPT dan korelasikan sesuai parameter-parameter tanah yang relevan seperti nilai kohesi tanah (C_u), berat jenis (γ), indeks plastisitas (Φ), kerapatan relative (e_{50}/D_r) dan kekakuan tanah (k). Input soil properties dapat dilihat pada Gambar 4.34 berikut:

File Edit Run Setup Help

Sample: List of Sample: (E-English, M-Metric)

A. Pile Type | B. Pile Profile | C. Pile Properties | D. Load and Group | **E. Soil Properties** | F. Advanced Page

1. Soil Property Table (Zs - Soil Depth, from ground to beginning of each layer) ☒ 2. Water Table (An additional layer is required at water table) 0.000 3. Surface Elevation (Optional input)

Zs-m	Soil Data Input	G-kN/m3	Phi	C-kN/m2	k-MN/m3	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay [w]	4.4	30	0.1	0.1	5.38	0	1
2	Soft Clay [w]	5.7	30	25	3.8	3.53	1	1
4	Soft Clay [w]	7.3	30	60	9.8	1.98	3	1
6	Soft Clay [w]	7.0	30	55	8.6	2.13	2	1
8	Sand/Gravel[w]	6.9	30	100	3.4	18.58	5	4
10	Soft Clay [w]	8.3	30	90	14.6	1.55	4	1
12	Sand/Gravel[w]	9.6	30	650	27.1	67.37	32	4
14	Soft Clay [w]	7.3	30	60	9.8	1.98	3	1
	Click to Open							
	Click to Open							

Gambar 4.34 Soil Properties

7. Untuk safety factor (SF) digunakan 2 sesuai dengan SNI 8460-2017.
Input safety factor dapat dilihat pada Gambar 4.35 berikut:

File Edit Run Setup Help

Sample: List of Sample: (E-English, M-Metric)

A. Pile Type | B. Pile Profile | C. Pile Properties | D. Load and Group | **E. Soil Properties** | F. Advanced Page

1. Zero Friction (Non-load zone) and Negative Friction (Downdrag force): Input Soil Depth (Zs)

☐ Zero Friction from to ☐ ☐ Negative Friction from to ☐ Factor 1 ☐ Auto

☐ Zero Friction from to ☐ ☐ Negative Friction from to ☐ Factor 1 ☐ Auto

2. ☐ Zero Tip Resistance ☒ 3. Tip resistance based on stratum from pile tip extends to 10 times of pile diameter (10 recommended)

4. Analysis Parameters:

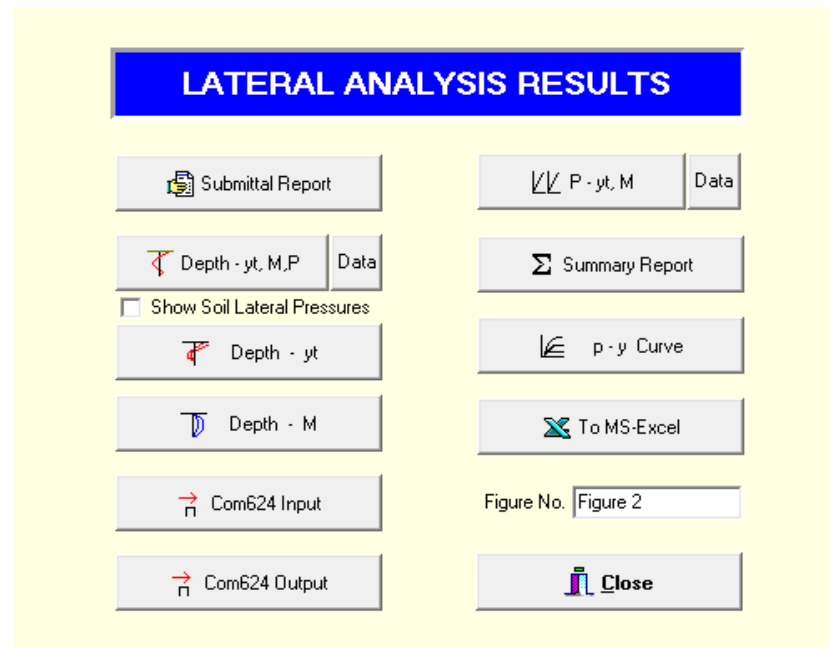
Parameters: Value [1]: Value [2]	Value [1]	Value [2]
FS for Downward: [1] FS_side; [2] FS_tip	2	2.0
FS for Uplift: [1] FS_side; [2] FS_weight	2.0	1.0
Load Factor: [1] Vertical.Q; [2] Lateral.P,M,T	1.0	1.0
(Critical Depth)/(Pile Diameter): [1] Side; [2] Tip	20.0	20.0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip -kN/m2 (No Limit: 9999)	9999.0	9999.0
Allowable Deflection: [1] Vertical, x_allow [2] Lateral, y_allow -cm	2.5	2.5
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1.0	1.0

5. Load - Settlement Relation (t-z curve)
☒ Vesic Method ☐ Reese Method

6. Define p-y, t-z Output Points

Gambar 4.35 Advanced Page

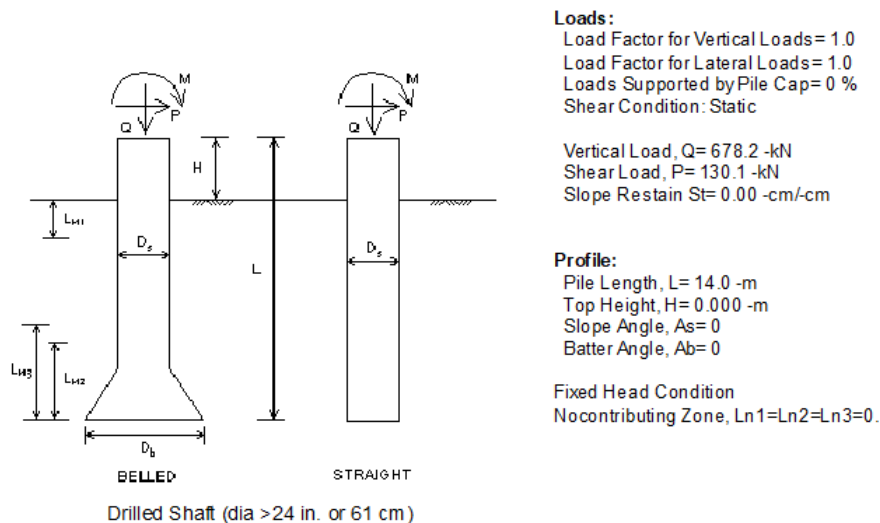
8. Output hasil analisis dapat dilihat pada submittal report. Hasil analisis daya dukung *bored pile* didapatkan nilai daya dukung ijin kelompok (Q_g) sebesar 20216,8 ton/m². Output dari analisis Allpile dapat dilihat pada Gambar 4.36 berikut:



Gambar 4.36 Submittal Report

LATERAL ANALYSIS

Figure 2



Soil Data:							Pile Data:						
Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt	Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MP	Weight -kN/m
0	4.4	30	0.1	0.1	5.38	0	0.0	80	5026.5	251.3	2010619.3	20683	11.853
2	5.7	30	25	3.8	3.53	1	14.0	80	5026.5	251.3	2010619.3	199938	38.481
4	7.3	30	60	9.8	1.98	3							
6	7.0	30	55	8.6	2.13	2							
8	6.9	30	100	3.4	18.58	5							
10	8.3	30	90	14.6	1.55	4							
12	9.6	30	650	27.1	67.37	32							
14	7.3	30	60	9.8	1.98	3							

Single Pile Lateral Analysis:

Top Deflection, yt= 0.70500 -cm

Max Moment, M= 397.00 -kN-m

Top Deflection Slope, St= 0.00000

OK! Top Deflection, 0.7050 -cm is less than the Allowable Deflection= 2.50 -cm

Note: If the program cannot find a result or the result exceeds the upper limit. The result will be displayed as 9999.

The Max Moment calculated by program is an internal force from the applied load conditions. Structural engineer has to check whether the pile has enough capacity to resist the moment with adequate factor of safety. If not, the pile may fail under the load conditions.

Gambar 4.37 Hasil Output Defleksi Allpile

4.5.3 Perhitungan Penulangan Menggunakan Software PCA-Coloumn

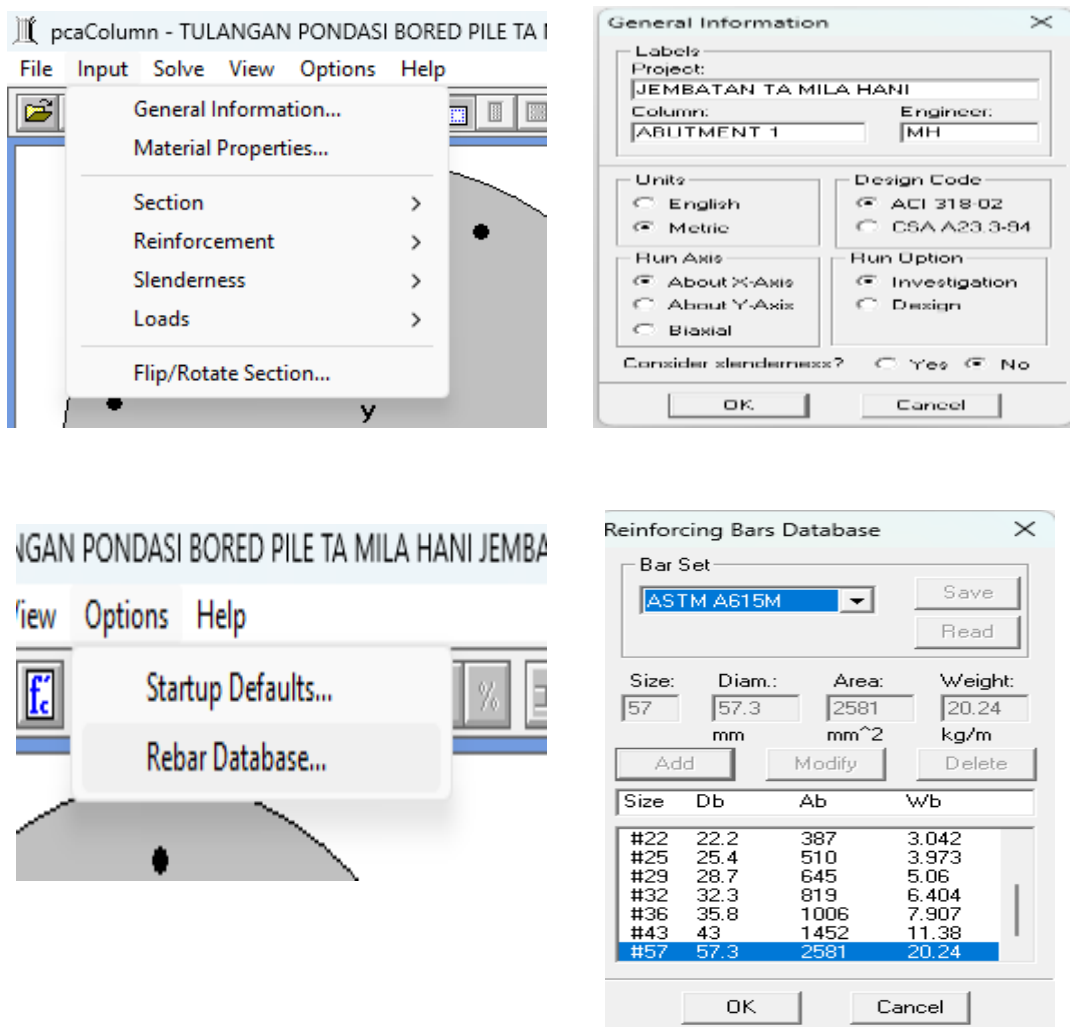
Penulangan Bored Pile

Diameter bored pile	=	800 mm
Decking	=	50 mm
Dc	=	800 - 2 x 50
	=	700
Kuat geser beton (f'c)	=	30 MPa

Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	=	420 MPa
Diameter tulangan lentur	=	22 mm
Diameter tulangan geser	=	10 mm
A_g (Luas <i>bored pile</i>)	=	$0,25 \times \mu \times d^2$
	=	$0,25 \times \mu \times 0,80^2$
	=	502400 mm ²
A_{ch} (Luas Pengekangan)	=	$0,25 \times \mu \times (d-2 \times deck)^2$
	=	$0,25 \times \mu \times (800-2 \times 50)^2$
	=	384650 mm ²
Angka rasio β_1	=	$0,85 - (f'_c-28) \times 0,05/7$
	=	$0,85 - (30-28) \times 0,05/7$
	=	0,835714

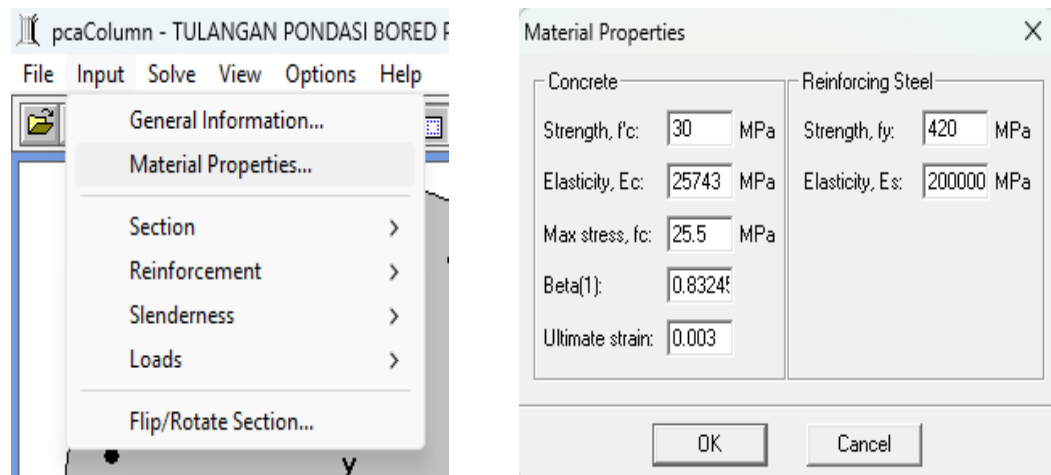
Perencanaan penulangan *bored pile* dengan diameter 80 cm menggunakan program PCA-Coloumn, pendekatan ini bertujuan untuk menghasilkan desain yang efisien, aman, dan sesuai dengan standar desain beton bertulang yang berlaku berikut tahapanya:

1. Proses desain diawali dengan pembentukan proyek baru di dalam lingkungan aplikasi PCA Coloumn. Pada tahap ini, dilakukan kalibrasi unit pengukuran yang relevan dengan lingkup proyek, diikuti dengan pemilihan kode standar desain beton bertulang yang akan menjadi acuan normatif dalam seluruh perhitungan dan elevasi desain. Kemudian atur terlebih dahulu rebar database dibagian options menjadi ASTM A615M dapat dilihat pada gambar berikut:



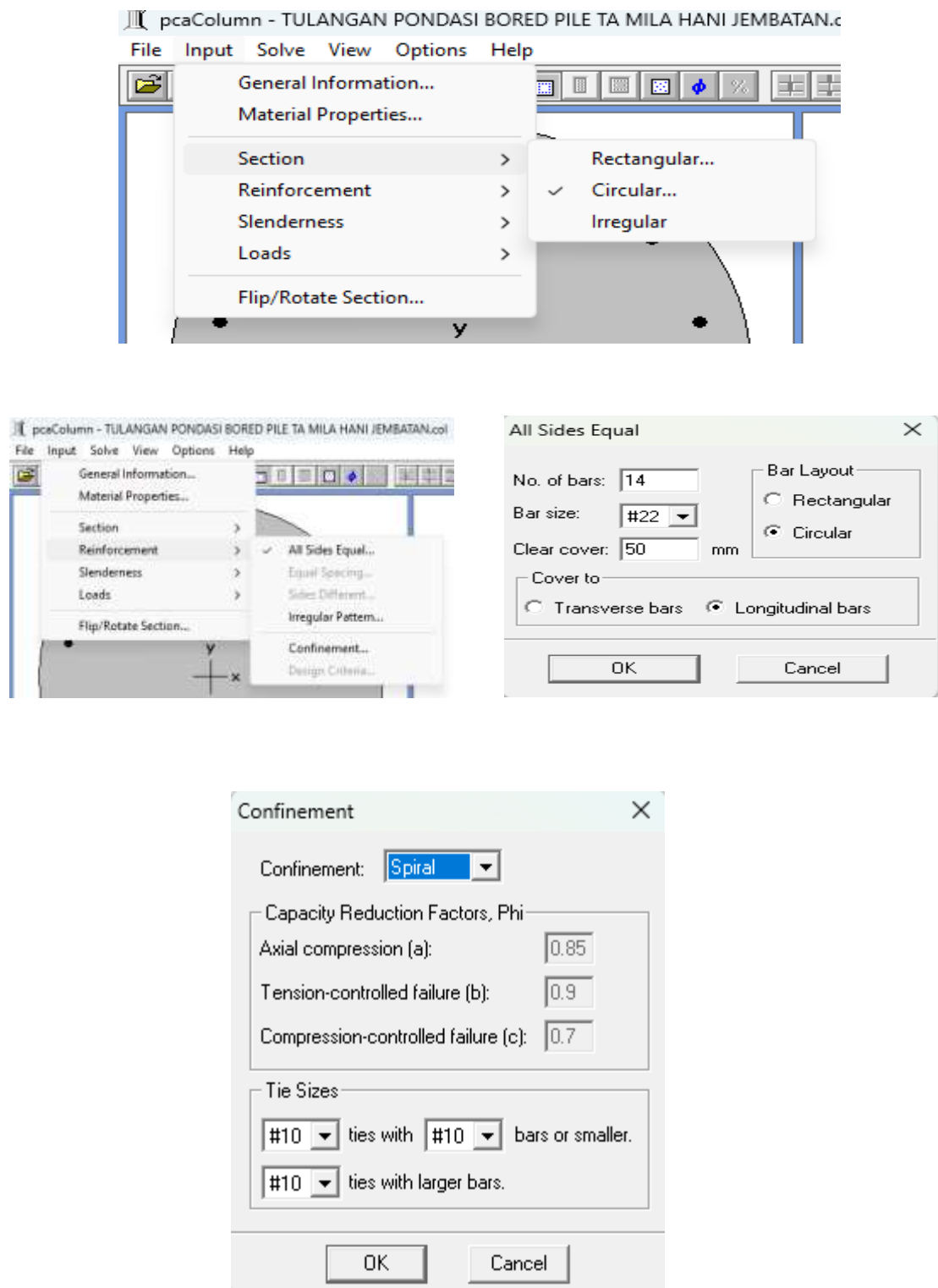
Gambar 4.38 Input Project, Options Reinforcing Bars Database

2. Tahap berikutnya melibatkan pendefinisian properti material yang menyusun *bored pile*. Nilai kuat tekan beton karakteristik (f'_c) dan kuat leleh baja tulangan (f_y) dimasukkan sesuai dengan spesifikasi teknis proyek. Data material ini merupakan parameter fundamental dalam perhitungan kekuatan dan daktilitas elemen struktur berikut gambarnya:



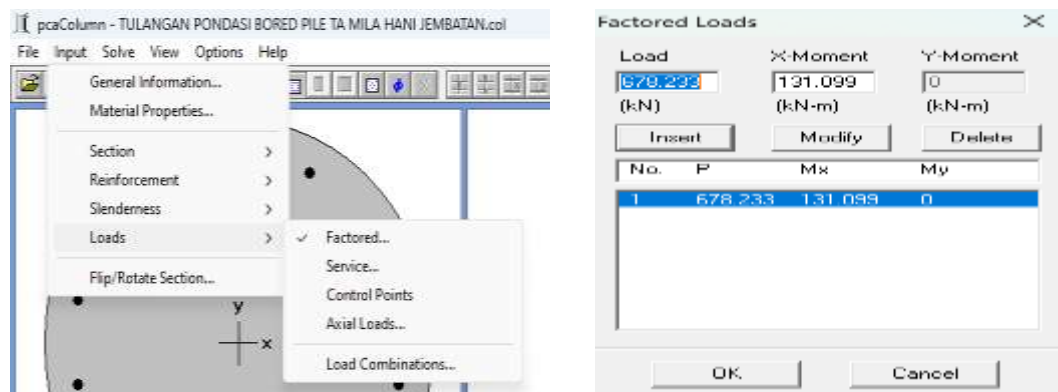
Gambar 4.39 Input Material Properties

3. Kebutuhan pondasi berbentuk lingkaran sesuai desain yang dibutuhkan, kemudian desain penulangan *longitudinal* dan *transversal* (sengkang) dilakukan pada tahap ini. Mengingat bentuk penampang *bored pile* yang circular, pola penulangan longitudinal ditentukan berdasarkan hasil analisis kebutuhan momen dan aksial. Selanjutnya spesifikasi tulangan sengkang, termasuk diameter dan spasi, ditetapkan dengan mempertimbangkan persyaratan geser dan pembatasan tekuk pada tulangan longitudinal, serta untuk meningkatkan integritas struktural secara keseluruhan berikut dapat dilihat gambarnya:



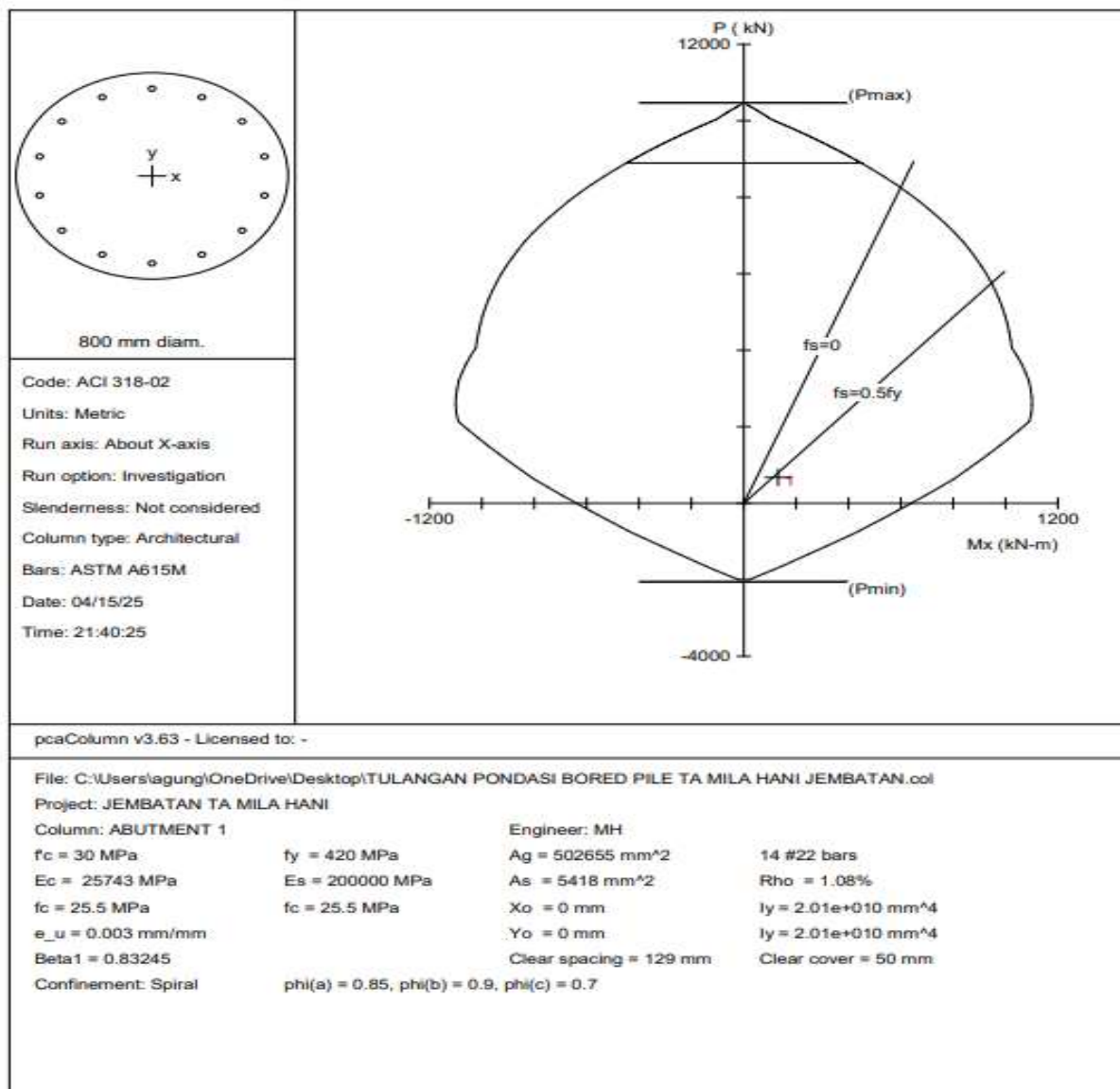
Gambar 4.40 Input Section circular, Reinforcement All Sides Equal dan Confinement

4. Analisis pembebanan menjadi landasan utama dalam desain struktural. Pada tahap ini, seluruh kombinasi beban terfaktor yang relevan dan telah dianalisis sebelumnya diinputkan ke dalam aplikasi. Beban-bekan ini meliputi beban aksial ultimate (P_u), momen lentur ultimate terhadap sumbu utama (M_u), serta gaya geser ultimate (V_u), yang secara kolektif mempresentasikan kondisi pembebanan pada *bored pile* berikut gambarnya:

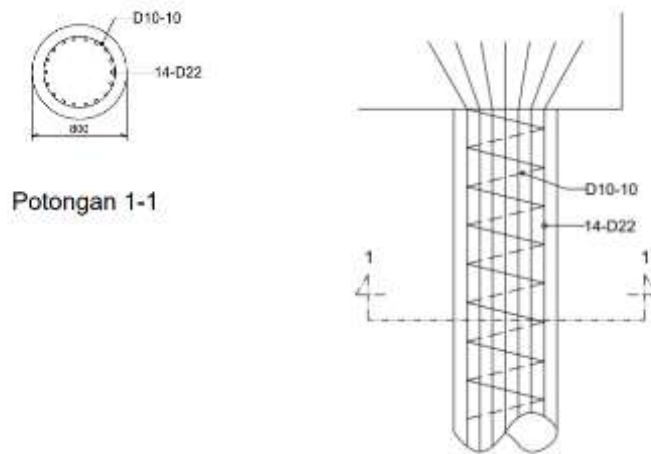


Gambar 4.41 Input Loads Factored Loads

5. Tahap akhir selanjutnya yaitu pelaksanaan analisis struktural melalui solve “run”. Proses ini menginisiasi diri pada prinsip-prinsip mekanika bahan dan regulasi desain beton bertulang yang telah dipilih. Melalui analisis tersebut perangkat lunak akan menghasilkan serangkaian data output yang esensial, meliputi rasio kapasitas untuk setiap kombinasi beban yang dipertimbangkan, representasi visual kapasitas penampang melalui diagram interaksi beban aksial-momen (P-M) serta parameter struktural lainnya, untuk menahan beban kerja dengan aman dan efisien. Berikut hasil Output dari penulangan *bored pile* PCA-Coloumn:



Gambar 4.42 Output Hasil Penulangan PCA-Coloumn



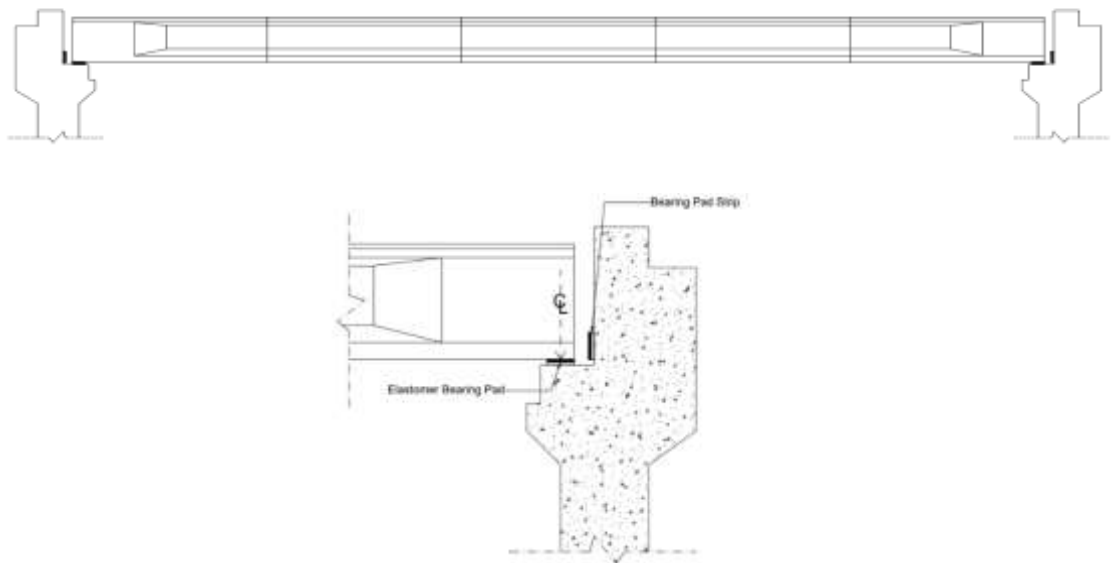
Gambar 4.43 Detail Penulangan Bored Pile

(Rahmawati, 2018)

4.5 Perencanaan Bangunan Pelengkap

4.7.1 Bearing

Untuk perletakan jembatan direncanakan penggunaan bearing merk CPU buatan Indonesia.



Gambar 4.44 Bearing Pad dan Elastomeric Bearing

1. CPU Elastomeric Bearings

a. Spesifikasi:

- Merupakan bantalan atau perletakan elastomer yang dapat menahan beban berat, baik yang vertikal maupun horizontal
- Bantalan atau perletakan elastomer disusun atau dibuat dari lempengan elastomer dan logam yang disusun secara lapis berlapis.
- Merupakan satu kesatuan yang saling melekat kuat, diproses dengan tekanan tinggi.
- Bantalan atau perletakan elastomer berfungsi untuk meredam getaran, sehingga kepala jembatan (abutment) tidak mengalami kerusakan.
- Lempengan logam yang paling luar dan ujung – ujungnya elastomer dilapisi dengan lapisan elastomer supaya tidak berkarat.
- Bantalan atau perletakan elastomer juga disebut bantalan Neoprene yang dibuat dari karet sintesis.

b. Pemasangan:

- Bantalan atau perletakan elastomer dipasang diantara tumpuan kepala jembatan dan gelagar jembatan.
- Untuk perletakan bantalan atau perletakan elastomer dengan beton atau besi dapat dipergunakan lem *expoxy rubber*.

c. Pemasangan:

Selain ukuran – ukuran standar yang sudah ada, dapat dipesan ukuran sesuai pesanan

d. Pendimensian:

Besar beban vertikal maksimum (V_{max})

$$V_{max} = 76,284 \text{ ton}$$

Gaya-gaya yang bekerja pada elastomer antara lain :

$$\text{Gaya vertikal} = V_{max} = 76,284 \text{ ton} = 762,84 \text{ KN}$$

Kerja beban horizontal (H_r) sebesar 5% beban D tanpa koefisien kejut.

$$H_r = 5\% \times 272,73 = 13,64 \text{ KN}$$

Digunakan :

Elastomeric Bearings ukuran 300 x 400 mm

Beban vertikal maksimum = 1200 KN

Jumlah elastomer yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_{\text{total}}}{V_{\text{maks}}} \\ &= \frac{762,84}{1200} = 0,636 \quad 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

Cek gelincir

Untuk balok beton menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \frac{H_{r_{\text{maks}}}}{P} &\leq 0,2 & H_{r_{\text{maks}}} &= \text{Gaya Horizontal} \\ & & P &= \text{Gaya Vertikal} \\ \frac{13,64}{762,84} &= 0,018 & & \leq 0,2 \end{aligned}$$

Cek dimensi

S = faktor bentuk

= 4 (syarat ≥ 4)

a = lebar pada searah girder (cm)

b = Panjang pada tegak lurus girder (cm)

tc = tebal satu lapis pada (cm)

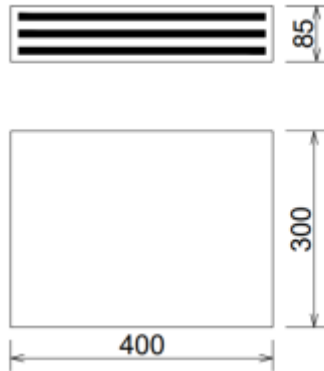
tc = 8,5 cm

Syarat :

$$a \geq 4 \times \Sigma t \qquad b \geq 4 \times \Sigma t$$

$$a \geq 4 \times 8,5 \qquad b \geq 4 \times 8,5$$

$$300 \geq 34 \qquad 400 \geq 34$$



Gambar 4.45 Bearing Pad

2. Bearing Pad Strip

a. Spesifikasi:

- Merupakan lembaran karet (elastomer) tanpa plat baja.
- Berfungsi untuk meredam getaran mesin maupun ujung gelagar
- Dipasang diantara beton dengan beton atau beton dengan besi

b. Ukuran:

Selain ukuran – ukuran standar yang sudah ada, dapat dipesan ukuran sesuai pesanan

c. Pendimensian

Pendimensian diperhitungkan berdasarkan beban horisontal yang bekerja (beban akibat rem / akibat gempa) diambil yang terbesar.

4.7.2 Pelat Injak



Gambar 4.46 TaMPak Atas Pelat Injak

Tebal pelat	=	30	cm	0,3	m
panjang pelat	=	20	m		
lebar pelat	=	5	m		
Berat jenis beton	=	2,4	g/cm ³		
Berat jenis aspal	=	2,2	g/cm ³		
Berat jenis sirtu	=	2	g/cm ³		
Diambil Lebar Strok	=	1	m		

Muatan q :

Berat Pelat	=	0,25 x 2,4 x 2,5	0,72	
Berat Aspal	=	0,05 x 2,2 x 2,5	0,11	
Berat Sirtu	=	0,60 x 2 x 2,5	1,2	
Total beban (qd)			2,03	t/m

Muatan P :

Beban garis	=	(1 / 2,75) x 12	=	4,36	t/m
d	=	0,9 x 30	=	27	cm
Mmax	=	(1/8 x q L ²) + (1/4 x P x L ²)			
	=	(1/8 x 2,03 x 5 ²) + (1/4 x 4,36 x 5 ²)			
	=	33,62	tm	3E+06	kg.cm
Mn	=	3E+06			
		0,8			
	=	4E+06	kg.cm		
Rn	=	Mn			
		$\frac{Mn}{\phi \times 0,85 \times f'c \times b \times d^2}$			
	=	4202059,659	=	0,28256	
		$\frac{4202059,659}{0,8 \times 0,85 \times 300 \times 100 \times 27^2}$			
ωn	=	1 - $\sqrt{1 - 2 \times Rn}$			
	=	1 - $\sqrt{1 - 2 \times 0,282556}$	=	0,34054	

$$\rho = \frac{\omega_n \times 0,85 \times f'_c}{f_y}$$

$$= \frac{0,34054 \times 0,85 \times 300}{4200} = 0,02068$$

$$\rho_{min} = 14 / f_y$$

$$= 14 / 4200 = 0,003$$

$$\rho_{max} = \frac{0,85 \times 0,75 \times f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,75 \times 300}{4200} \times \frac{6000}{6000 + 4200}$$

$$= 0,026786$$

Karena $\rho > \rho_{min}$, maka digunakan $\rho = 0,002$

$$A_s = \rho_{min} \times b \times d$$

$$= 0,002 \times 100 \times 27$$

$$= 5,4 \text{ cm}^2 \quad 540 \text{ mm}^2$$

Dari perhitungan di atas dipakai tulangan D13-100

$$n \text{ tul} = A_s / (0,25 \times \pi \times D^2)$$

$$= 540 / (0,25 \times 3,14 \times 13^2)$$

$$= 4,0704 \quad 5 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ terpasang} = A_s \text{ satuan} \times \text{jumlah tulangan}$$

$$= ((\pi / 4) \times (D^2)) \times n$$

$$= ((3,14 / 4) \times (13^2)) \times 5$$

$$= 663,325$$

Dipakai tulangan 13 - 100

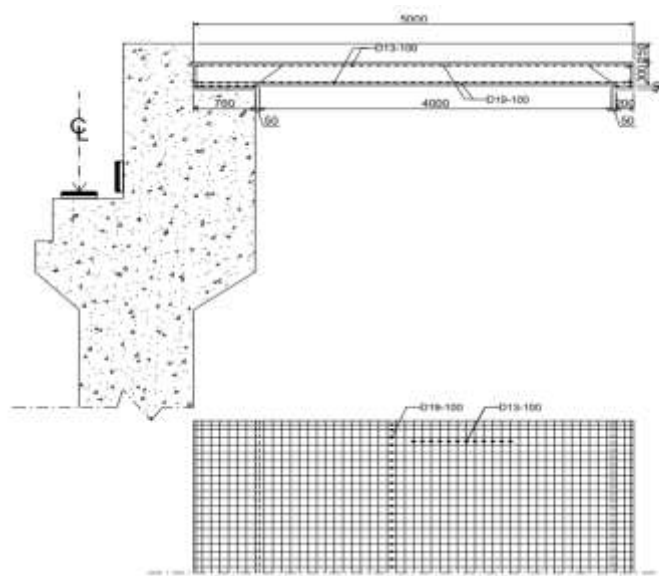
A_s

terpasang > A_s perlu

663,325 > 540,0000 **OK**

Tulangan bagi = 20% x 540,0000 108 mm²

Digunakan tulangan bagi D19-100



Gambar 4.47 Penulangan Pelat Injak

4.7.3 Wing Wall

Wing wall merupakan bagian konstruksi dari jembatan yang menyatu dengan struktur abutment. Wing wall berfungsi sebagai penahan tanah isian, yang nantinya sebagai pondasi untuk jalan.

Perencanaan wing wall bertujuan untuk menahan stabilisasi tanah urugan di belakang abutment. (A, 2017)

Data – data teknis:

Data tanah urugan :

$$\gamma_t = 18 \quad \text{kN / m}^3$$

$$\Phi = 30$$

> Akibat tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah :

$$K_a = \text{tg}^2 (45 - 30/2)$$

$$= 0,333333$$

$$K_p = \text{tg}^2 (45 + 30/2)$$

$$= 3$$

$$q = 0,6 \times \gamma_t$$

$$= 0,6 \times 18 = 10,8 \quad \text{kN / m}^3$$

Tegangan - tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= (q \times K_a) \\ &= (10,8 \times 0,333) \\ &= 3,6 \quad \text{kN / m}^3 \\ \sigma_2 &= (\gamma t \times K_a \times h) \\ &= (18 \times 0,333 \times 6,5) \\ &= 39 \quad \text{kN / m}^3\end{aligned}$$

Tekanan tanah aktif :

$$\begin{aligned}P_a &= (1/2 \times \sigma_2 \times 3,75) + (\sigma_1 \times 3,75) \\ &= (1/2 \times 39 \times 3,75) + (3,6 \times 3,75) \\ &= 86,625 \quad \text{kN}\end{aligned}$$

> Penulangan Wing Wall

$$\text{Tebal Pelat} = 500 \quad \text{mm}$$

$$d \text{ diambil} = 460 \quad \text{mm}$$

$$\begin{aligned}M_u &= 1/2 \times P_a \times L^2 \\ &= 1/2 \times 86,625 \times 3,3^2 \\ &= 471,6731 \quad \text{kNm}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\frac{M_u}{bd^2} &= \rho \times 0,8 \times f_y (1 - 0,575 \times \rho \times f_y / f'_c) \\ \frac{471,6731 \times 10^6}{1000 \times 460^2} &= \rho \times 0,8 \times 4200 (1 - 0,575 \times \rho \times 4200 / 30) \\ \frac{471673125}{211600000} &= \rho \times 0,8 \times 4200 (1 - 0,575 \times \rho \times 4200 / 30) \\ 2,229079041 &= \rho \times 0,8 \times 4200 (1 - 0,575 \times \rho \times 4200 / 30) \\ 270480 p^2 - 3360 p + 2,229079 &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{\max} &= (1/8 \times q \times L^2) + (1/4 \times P \times L^2) \\ &= (1/8 \times 10,8 \times 3,3^2) + (1/4 \times 86,625 \times 3,3^2) \\ &= 250,5381 \quad \text{tm} \quad 2505380,6 \quad \text{kg/cm} \\ M_n &= \frac{2505381}{0,8} = 3131725,8 \quad \text{kg/cm}\end{aligned}$$

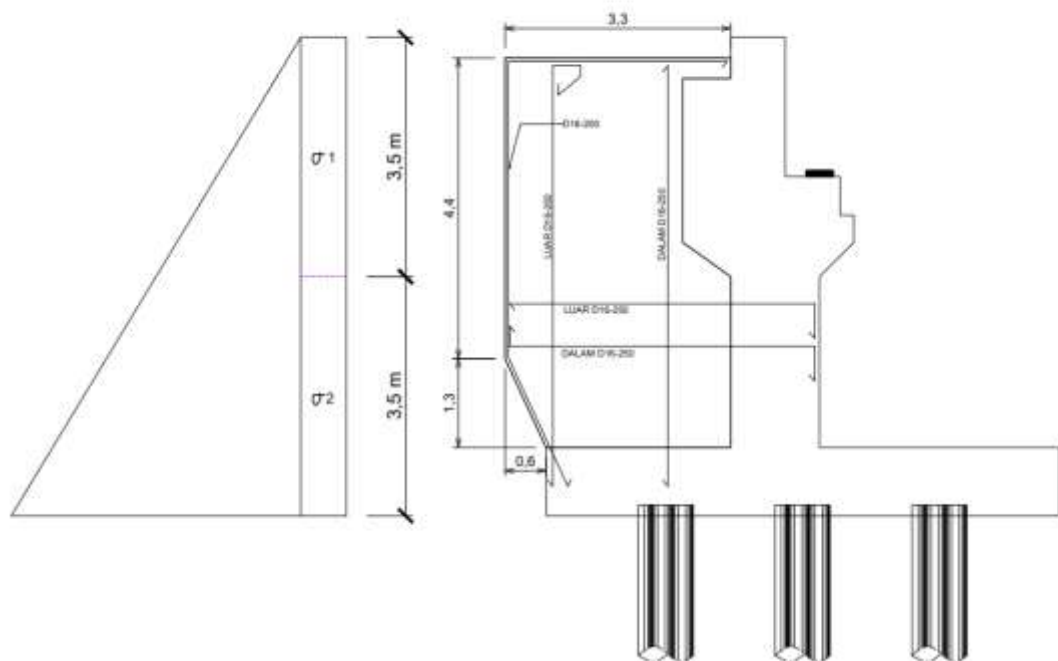
$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{\phi \times 0,85 \times f'_c \times b \times d^2} \\
 &= \frac{3131725,781}{0,8 \times 0,85 \times 30 \times 500 \times 460^2} \\
 &= 0,04353 \\
 \omega_n &= 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot R_n} \\
 &= 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,04353} \\
 &= 0,044521 \\
 \rho &= \frac{\omega_n \times 0,85 \times f'_c}{f_y} \\
 &= \frac{0,044521 \times 0,85 \times 30}{420} = 0,0027031 \\
 \rho_{min} &= 14 / f_y \\
 &= 14 / 420 = 0,0333333 \\
 \rho_{max} &= \frac{0,85 \times 0,75 \times f'_c}{f_y} \times \frac{6000}{6000 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,75 \times 30}{420} \times \frac{6000}{6000 + 420} \\
 &= 0,042557 \\
 \text{Karena } \rho < \rho_{min}, \text{ maka dipakai } \rho_{min} \\
 A_s &= \rho_{min} \times b \times d \\
 &= 0,0333 \times 500 \times 460 \\
 &= 7666,667 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dari perhitungan diatas, dipakai D16 - 150} & 16 \\
 n \text{ tul} &= A_s / (0,25 \times \pi \times D^2) \\
 &= 7666,667 / (0,25 \times 3,14 \times 16^2) \\
 &= 38,15021 \quad 39 \quad \text{buah} \\
 A_s \text{ terpasang} &= A_s \text{ satuan} \times \text{jumlah tulangan} \\
 &= ((\pi / 4) \times (D^2)) \times n \\
 &= ((3,14 / 4) \times (16^2)) \times 39 \\
 &= 7837,44
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 16 - 150

As terpasang	>	As perlu
7837,44	>	7666,6667 OK

Tulangan bagi = $20\% \times 7666,6667 = 1533,3333 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan bagi D16-250



Gambar 4.48 Penulangan Wing Wall

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan ikhtisar akhir yang menggambarkan hasil akhir kegiatan perencanaan. Menurut berbagai sumber, kesimpulan yang baik merupakan jawaban atas rumusan masalah. Sebagai ikhtisar, kesimpulan harus disampaikan secara singkat, padat, dan jelas untuk menjawab apa yang menjadi rumusan masalah dalam kegiatan penulisan akademik seperti Tugas Akhir ini.

Dari hasil Perencanaan Pembangunan *Underpass Canguk*, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pada perencanaan struktur atas jembatan menggunakan girder beton prategang tipe I bentang 30,6 meter, dengan tinggi 1,7 meter, lebar atas 0,8 meter dan lebar bawah 0,7 meter. Dengan beton $f'c$ 50 MPa.
2. Pada perencanaan struktur bawah jembatan menggunakan abutment dengan tinggi 6 meter dengan $f'c$ 30 MPa dan f_y 420 MPa.
3. Pada perencanaan struktur bawah jembatan menggunakan pondasi dalam *Bored pile* dengan D 80 cm. Berjumlah 27 tiang dengan konfigurasi $x = 3$ dan $y = 9$.
4. Pada perencanaan bangunan pelengkap jembatan menggunakan Bearing ukuran 40 x 30 cm, pelat injak ukuran 500 x 1950 cm, serta wing wall dengan tulangan D16-250.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan untuk pemilihan girder beton prategang.
2. Pada pekerjaan abutment pemadatan tanah dibelakang abutment wajib terkontrol, hal ini untuk memenuhi parameter desain yang digunakan dalam perhitungan tekanan horizontal abutment.
3. Diperlukan pengujian tanah metode lain sebagai pembanding kapasitas dukung pondasi, misalnya SPT (*Standar Penetration Test*)
4. Optimasi desain bangunan pelengkap seperti bearing dan wing wall agar sesuai dengan kebutuhan struktural dan anggaran serta ketersediaan di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- A, R. P. (2017). *Perencanaan Jembatan Jabungan Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah*. Semarang.
- Agung Hari Wibowo, R. J. (2020). *Perencanaan Jembatan Rangka Baja Pada Ruas Jalan Nguter-Selogiri*. Semarang.
- Marga, D. J. (2019). *Panduan Teknik Pelaksanaan Jembatan Tahun 2019*. Kabayoran Baru-Jakarta.
- Rahmawati, D. (2018). *Alternatif Perencanaan Perbaikan Struktur Pondasi Pada Gedung No.3 PT.AKR Corporindo Tbk di Margomulyo*. Surabaya.
- Setiyarto, Y. (2019). *Standar Pembebanan pada Jembatan menurut SNI 1725 : 2016*.
- Tbk, P. W. (2022, Agustus 25). *Jembatan Gelagar, Bagian dari Sejarah panjang Produk WIKA Beton*.
- Teknik, D. B. (2009). *Standar Desain Pelat Injak Jembatan Jalan Raya*. Kebayoran Baru.
- Verdian Rezky HP, S. A. (2020). *Pembangunan Jembatan Buyaran Dijalan Tol Semarang-Demak STA.27+750*.



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

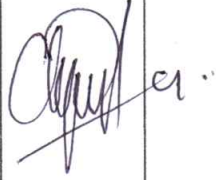
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI

Nama	:	Hanik Atussolihah (21210018)
	:	Hamilatur Rohmah (21210010)
Dosen Pembimbing I	:	Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT.
Dosen Pembimbing II	:	Khoirudin Fakhri, ST., MT.

NO	LEMBAR ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
1	04/03 2025	➤ Perhatikan Numbering 1.1 Latar Belakang 1.2 Rumusan Masalah 1.3 Tujuan Penelitian 1.4 Manfaat Penelitian 1.5 Batasan Penelitian 1.6 Sistematika Penulisan ➤ Gunakan aplikasi pengelola referensi; misal Mendeley Reference Manager. ➤ Antar paragraf harus nyambung ➤ Rumusan masalah harus berbentuk kalimat tanya; tujuan penelitian adalah breakdown dari rumusan masalah yg nantinya terjawab di kesimpulan.	

➤ Perbaiki sesuai catatan yang diberikan.

NO	TANGGAL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
2	05/03 2025	Lanjutkan ke bab II	
3	10/03 2025	↳ Bab I - Periksa kembali ketepatan masalah, lengkapi sesuai catatan yang diberikan ↳ Bab II - uli tabel-tabel yang "kurang jelas" dapat ditulis kembali - Perbaiki konsistensi numbering sub bab. - Corek miring (Italic) uli kata-kata bahasa asing. - Lengkapi dg wing wall dan plat insal - Perbaiki sesuai catatan - Tambahkan penelitian terdahulu	
4	15/03 2025	Lanjutkan ke Bab III	
5	16/03 2025	• Lokasi jembatan ; harus konsisten kabupaten / kota ? • Berikan informasi koordinat lokasi • atau berikan informasi stationing, "lokasi FO Cangkuk berada pada km. 116." • Periksa kembali Pre-eliminary desain; sesuaikan ukuran 2x nya.	
6	18/03 2025	Lanjutkan Bab IV • Deskripsikan jenis tanah • Desah plat lanfaring • Gelagar pakeri standar aja	

NO	LEMBAR ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
7.	24/03 2025	Penulangan Pelat lantai dan Perapet sudah ok. Hanya saja belum ditambahkan beban trotoar/median dan pejalan kaki. Silahkan dikalkulasikan untuk trotoar dan mediannya. Trotoar dan median bisa diberi beban 200 kg/m^2 (live load). → lanjutkan s/d perhitungan abutmen.	
8.	08/04 2025	• Pelat lantai Ok! • Utk Vu dari gelagar gunakan dari brosur Wika / atau yg lain. • lanjutkan ke abutmen (dimensi dan penulangan)	
9.	09/04 2025	• Abutmen ok! • lanjutkan ke perhitungan pondasi • Beban total Abutmen (termasuk girder, pelat beton) dibagi jumlah tiang • Hitung kapasitas dukung tiang tunggal (kapasitas dukung dari data N/SPT) → Bisa dipilih metode Meyerhoff, Luciano Decourt, atau Briaud • Hitung efisiensi tiang • Hitung kapasitas dukung tiang kelompok.	
10	12/04 2025	- Kapasitas dukung kelompok tiang ok. - Hitung defleksi lateral dan settlementnya. Gunakan All pile.	

- Hitung pula penulangan Bore pile ; gunakan soft ware PCA Column.

NO	LEMBAR ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
11.)	14/04 2025	• lanjutkan ke perhitungan telapak/pile cap fondasi	
12.)	15/04 2025	• Pertingkatkan perimbangan penggunaan tulisan tulongan yg umum dipasaran	
14)	20/04 2025	• Ok, silahkan ke pembimbing II	
13)	26/04	• Acc, silahkan daftar & dang ACC, Silahkan dijilid dan digandakan.	

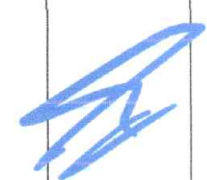


**LEMBARASISTENSITUGASAKHIR FAKUKTAS
TEKNIK**

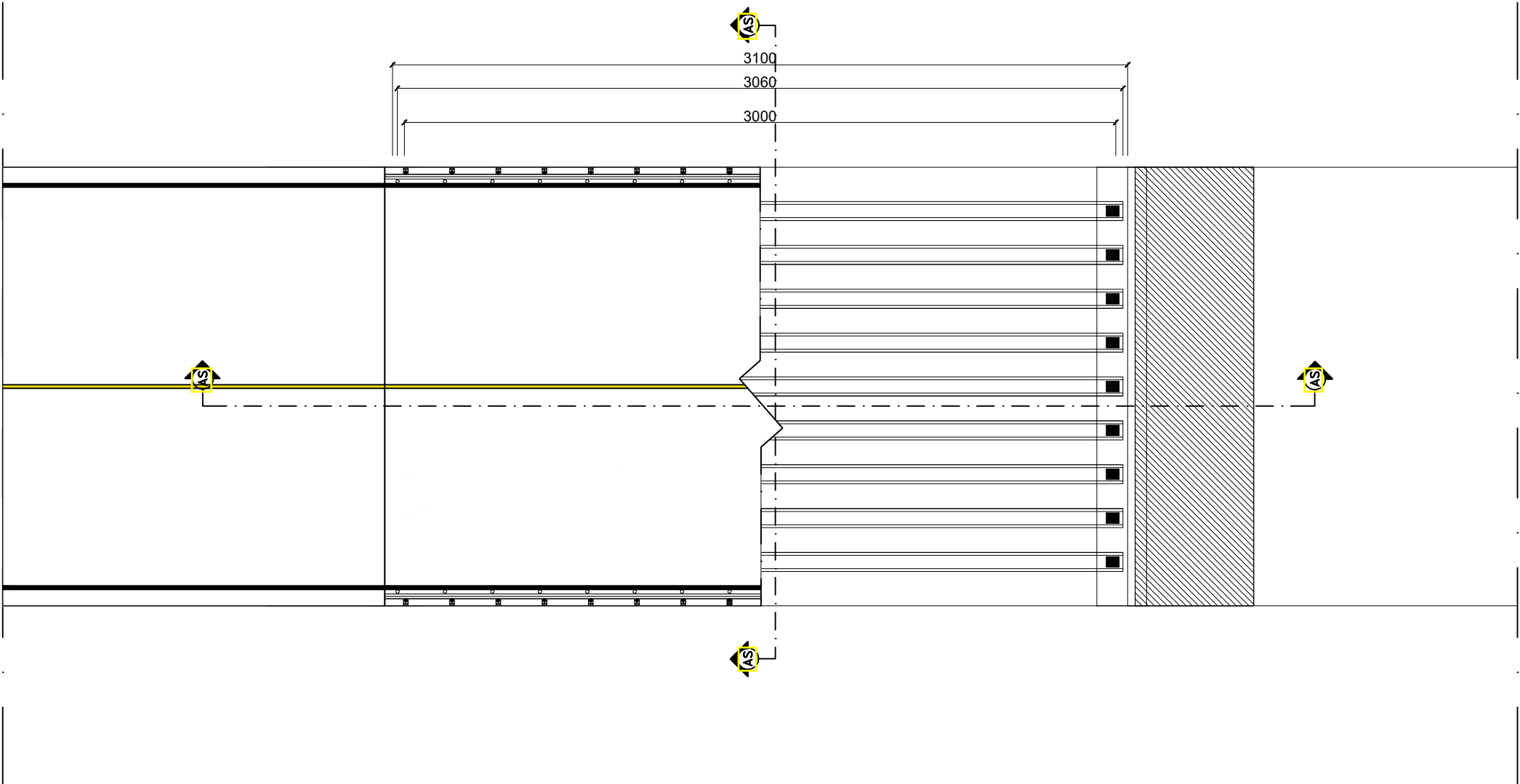
PROGRAMSTUDITEKNIK SIPIL

UNIVERSITASDARULULUM ISLAMICCENTRESUDIRMANGUPPI

Nama	:	HanikAtussolihah(21210018)
	:	HamilaturRohmah (21210010)
DosenPembimbingI	:	Ir.Agung Hari Wibowo,SIP.,ST.,MT.
DosenPembimbingII	:	KhoirudinFakhri,ST.,MT.

NO	LEMBAR ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
	19/ 25 04	1) Ratakan Format Penulisan dengan <u>Justifikasi</u> 2) Kalimat / bahasa asing dicetak miring 3) Revisi ! 	

NO	LEMBAR ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
1.	25 April 25	- Acc. Jilid.	



DENAH JEMBATAN



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DENAH JEMBATAN



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

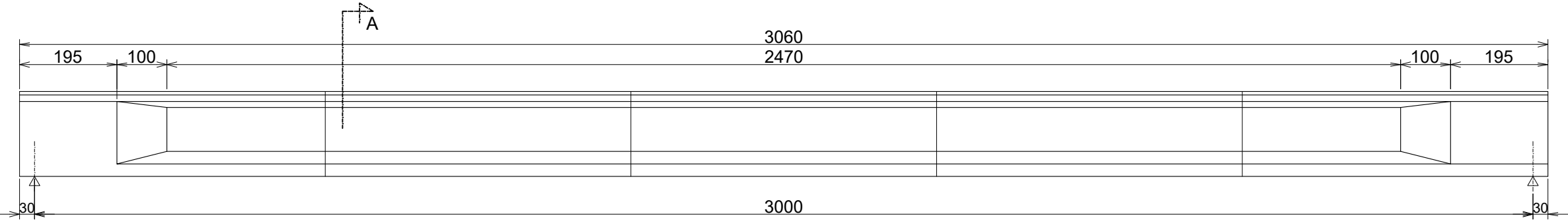
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

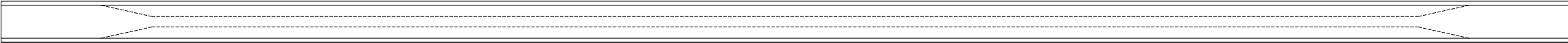
Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK SAMPING DAN TAMPAK
DEPAN



TAMPAK SAMPING



TAMPAK ATAS



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621069603

DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL BEARING PAD



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, S.P., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

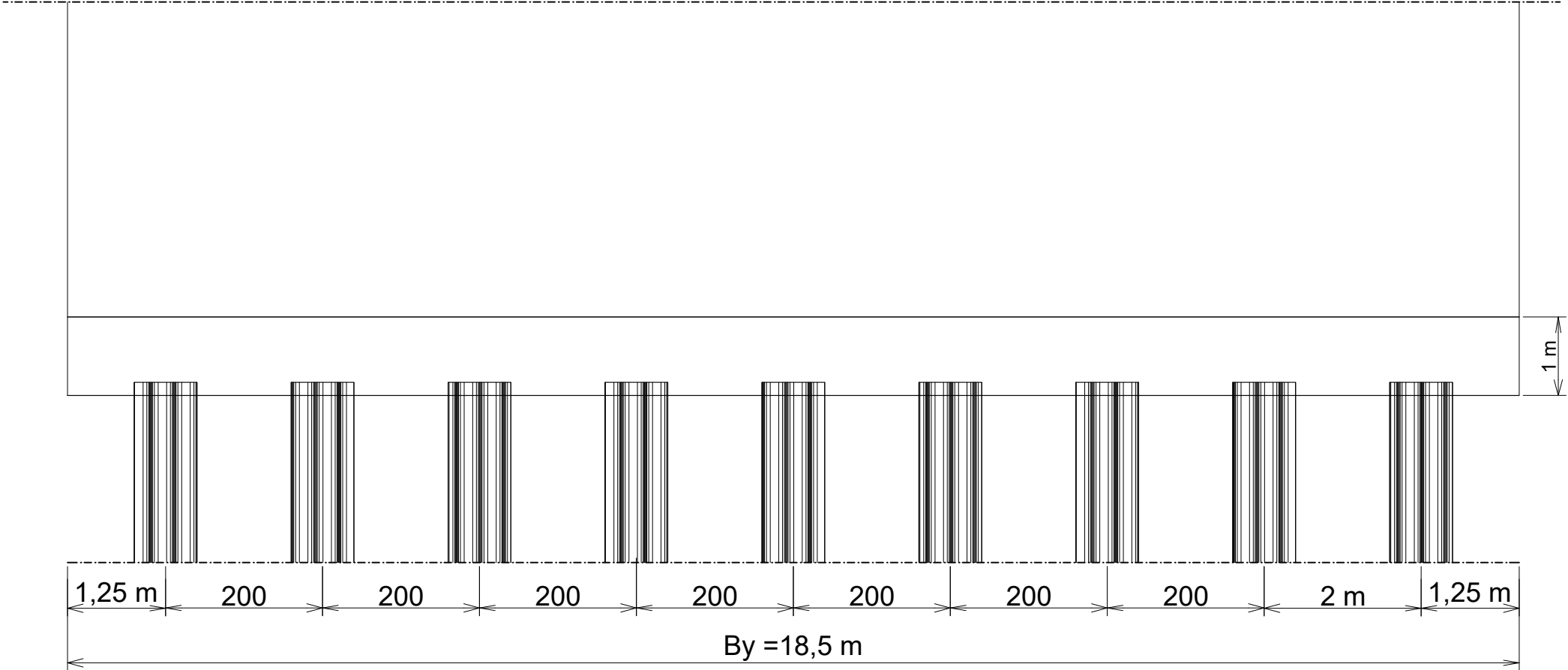
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

POTONGAN MELINTANG PILE CAP





UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

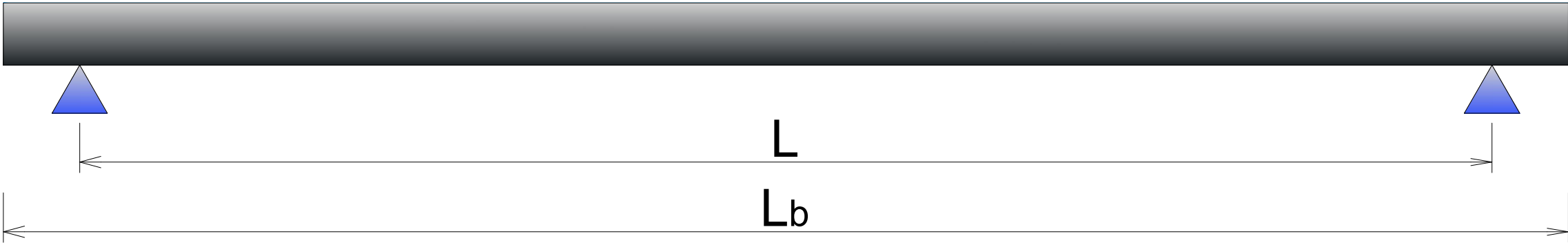
Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

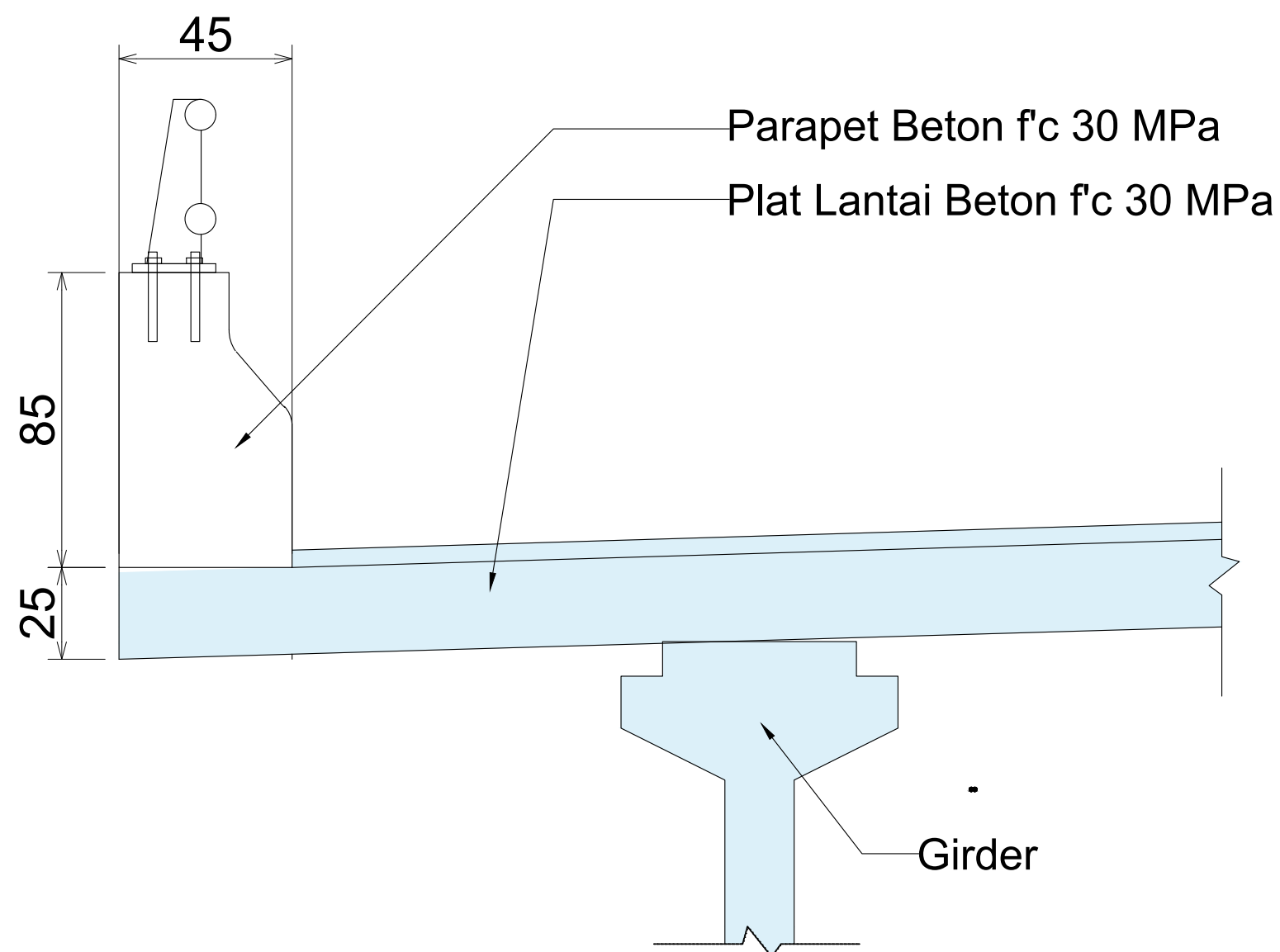
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

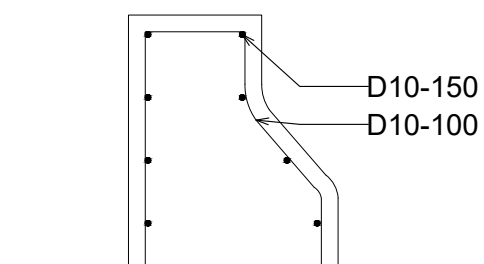
Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :





Potongan Melintang Parapet



Detail Tulangan



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

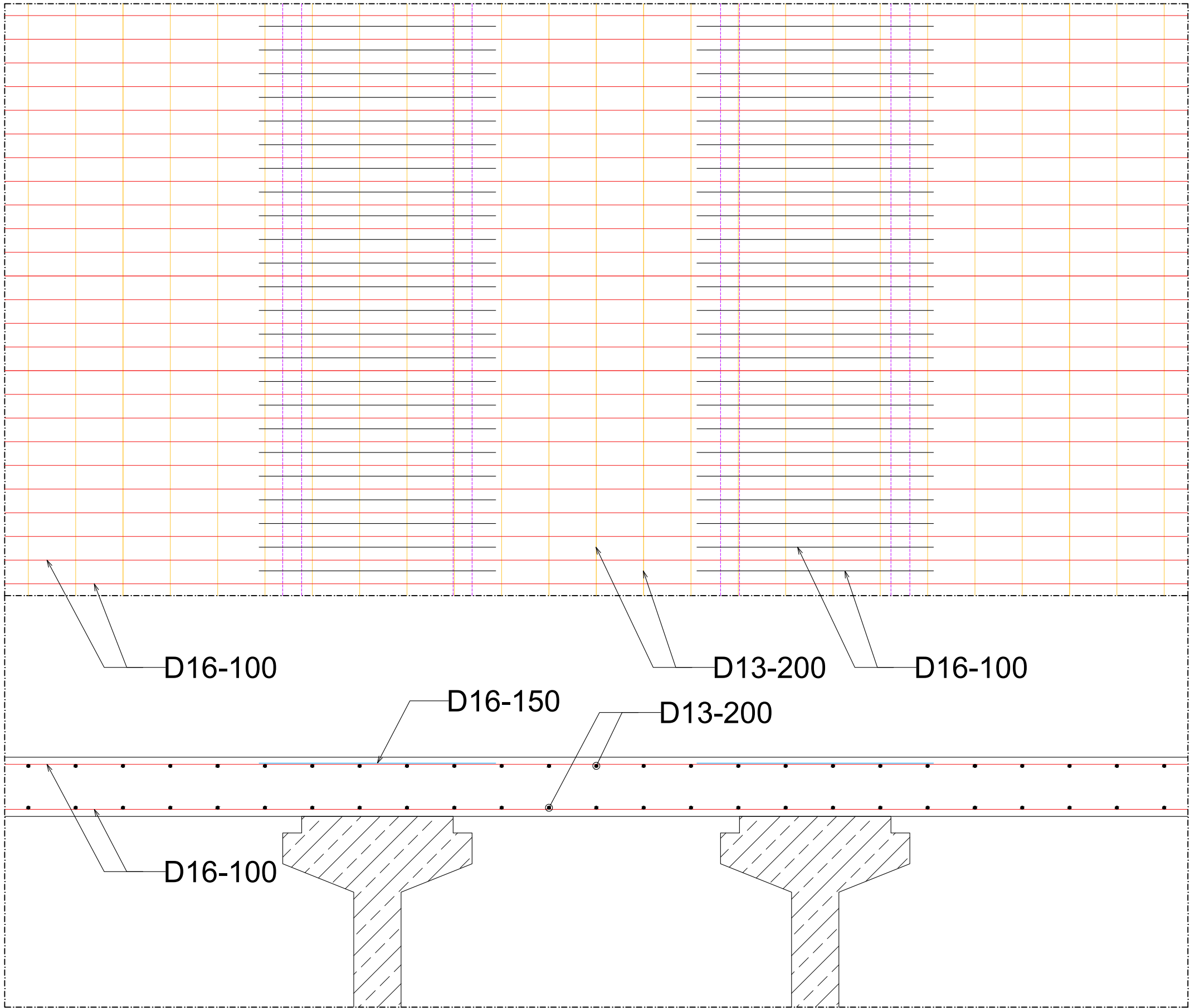
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL TULANGAN DAN
POTONGAN MELINTANG PARAPET



UNIVERSITAS DARUL ULUM
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

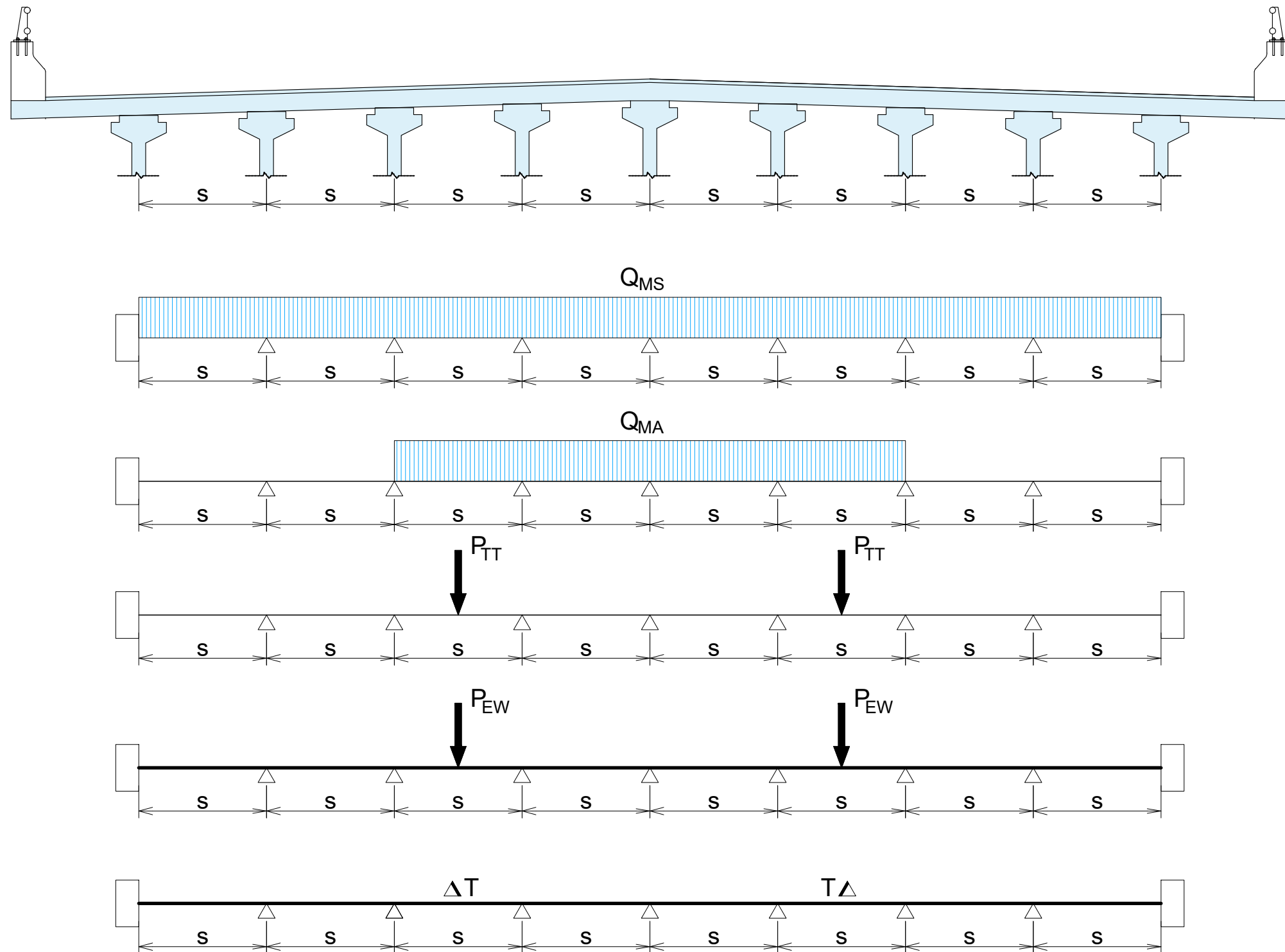
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL PENULANGAN PLAT
LANTAI KENDARAAN



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

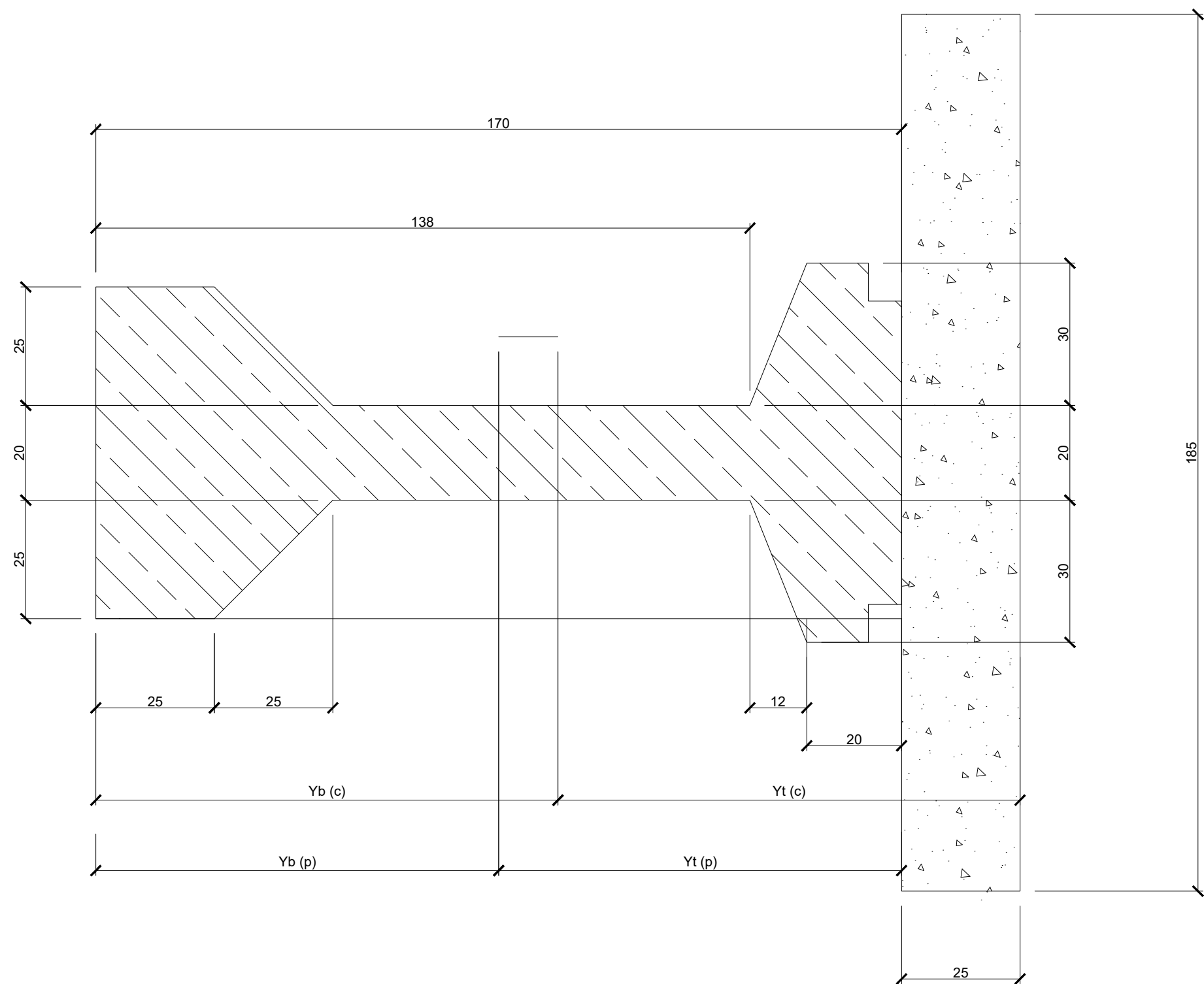
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

MOMEN SLAB BETON



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

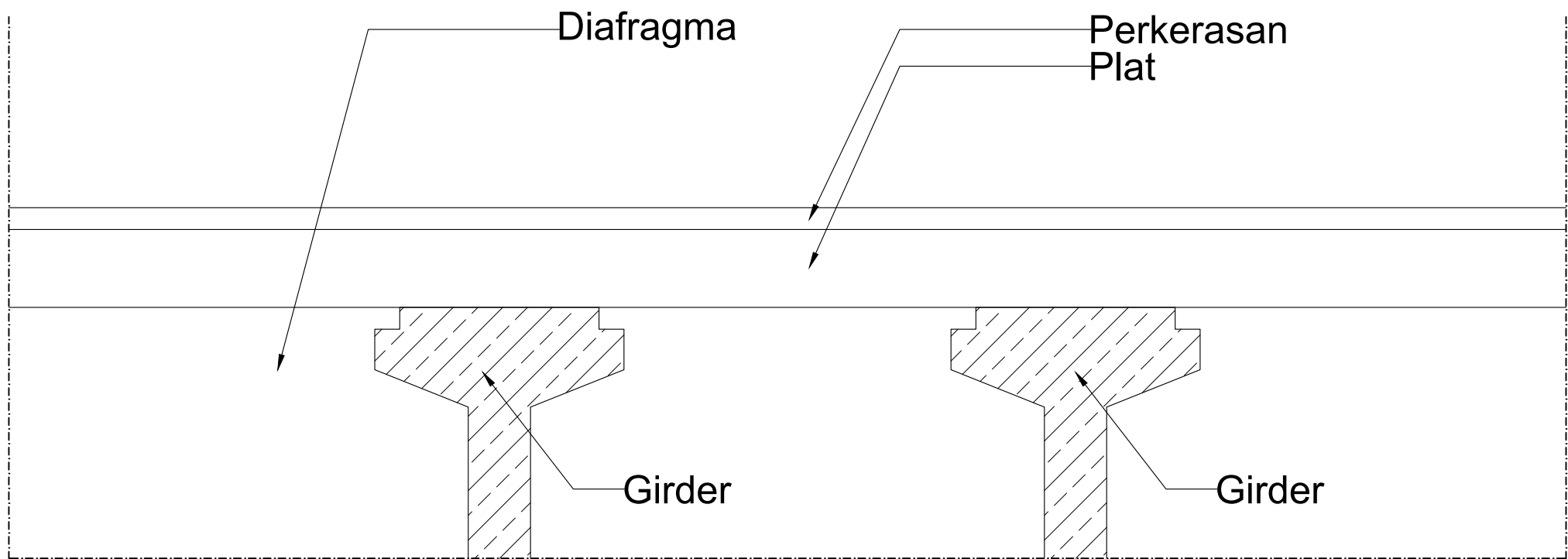
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL GIRDER



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

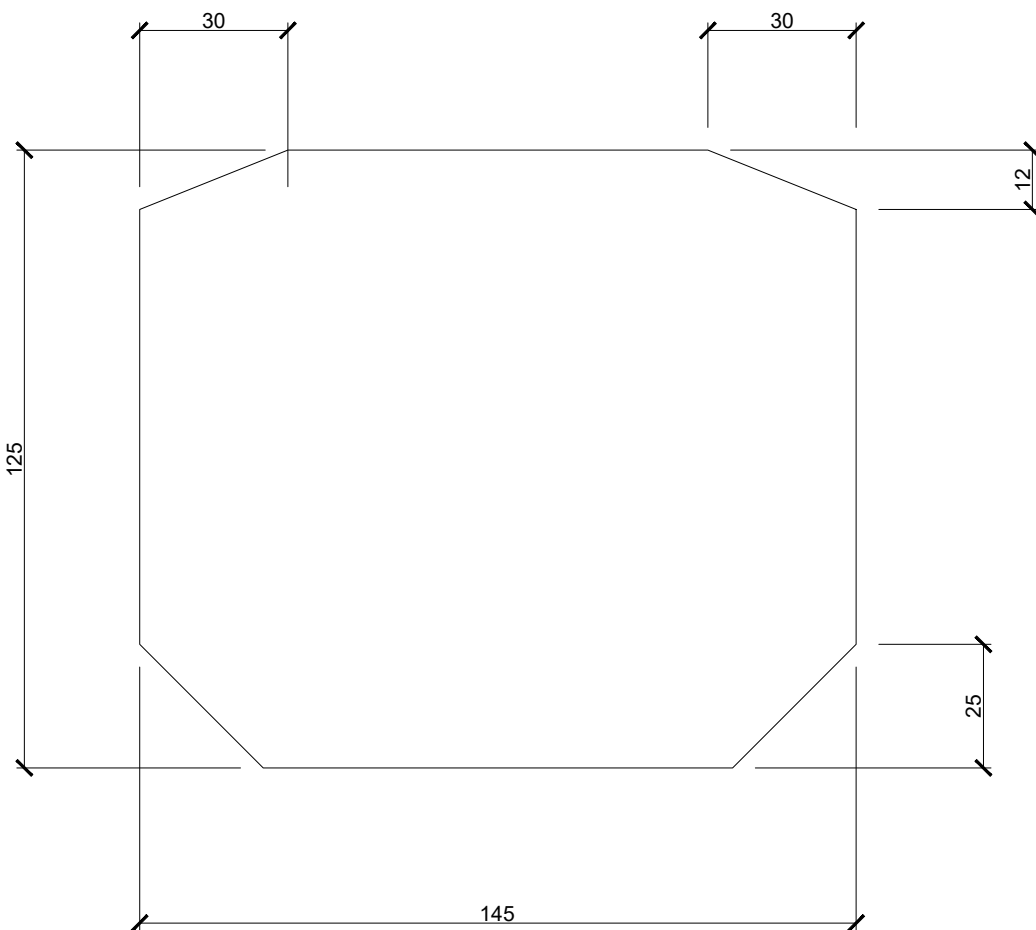
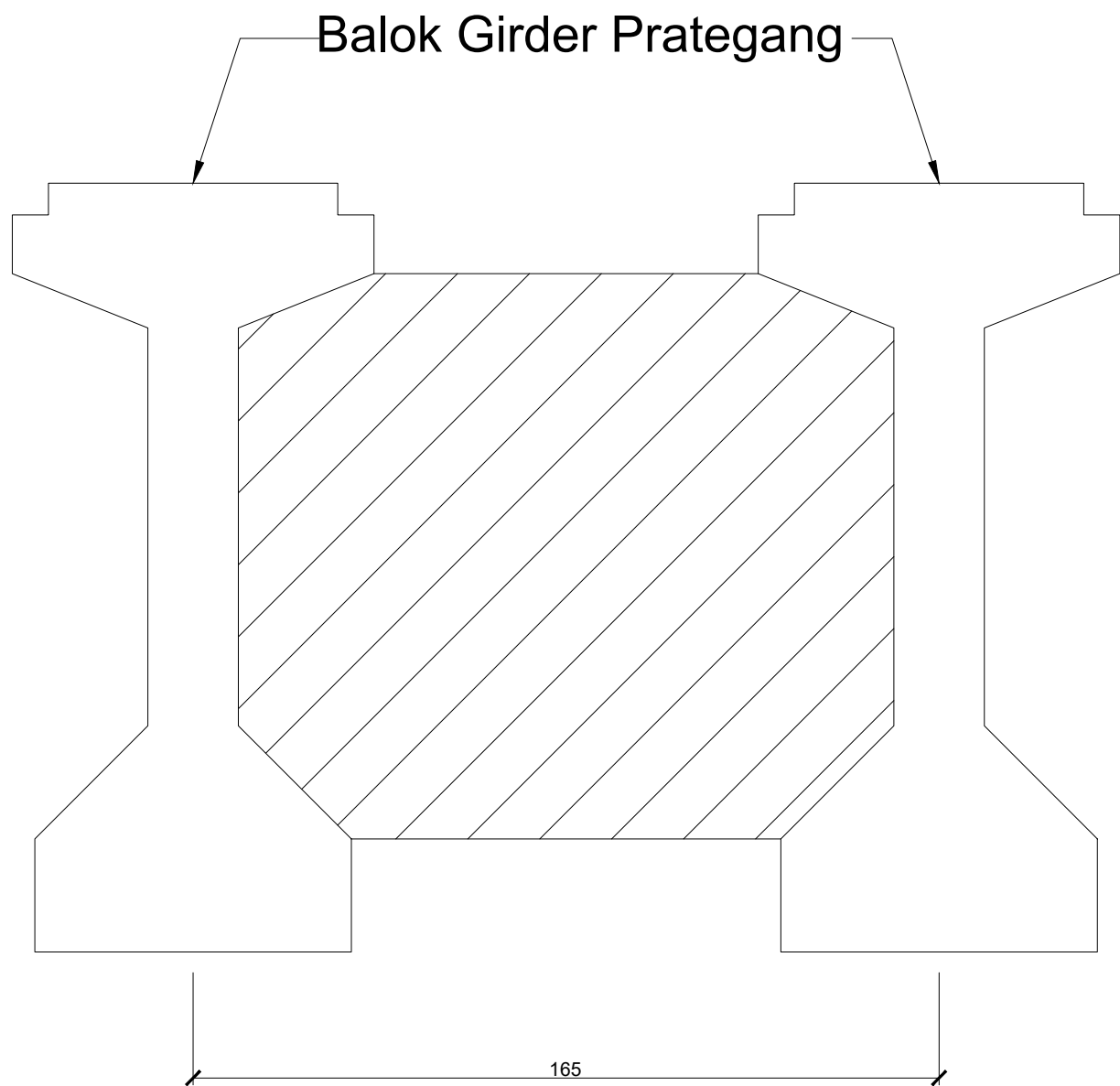
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

PLAT LANTAI JEMBATAN



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, S.P., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

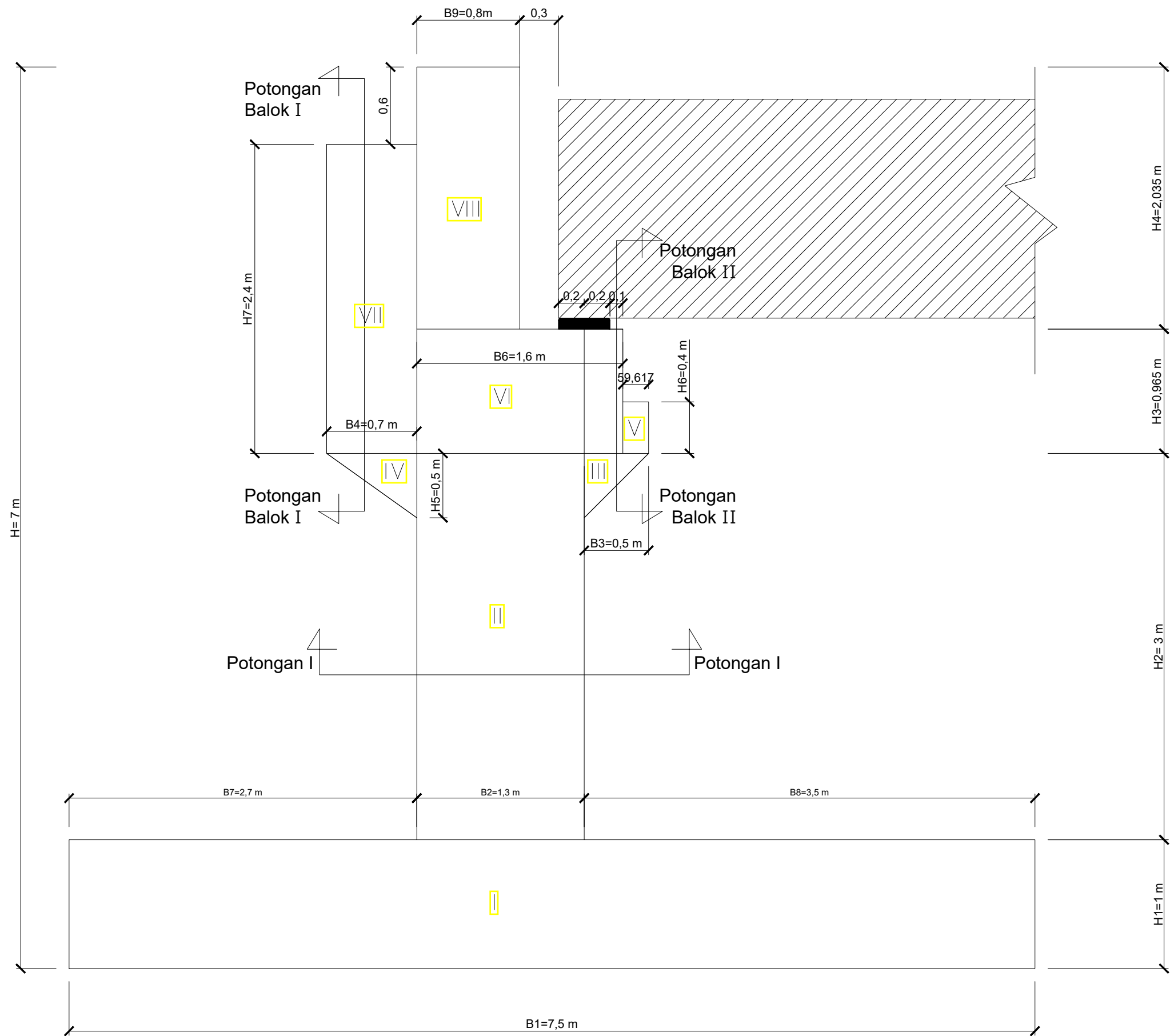
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL DIAFRAGMA



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

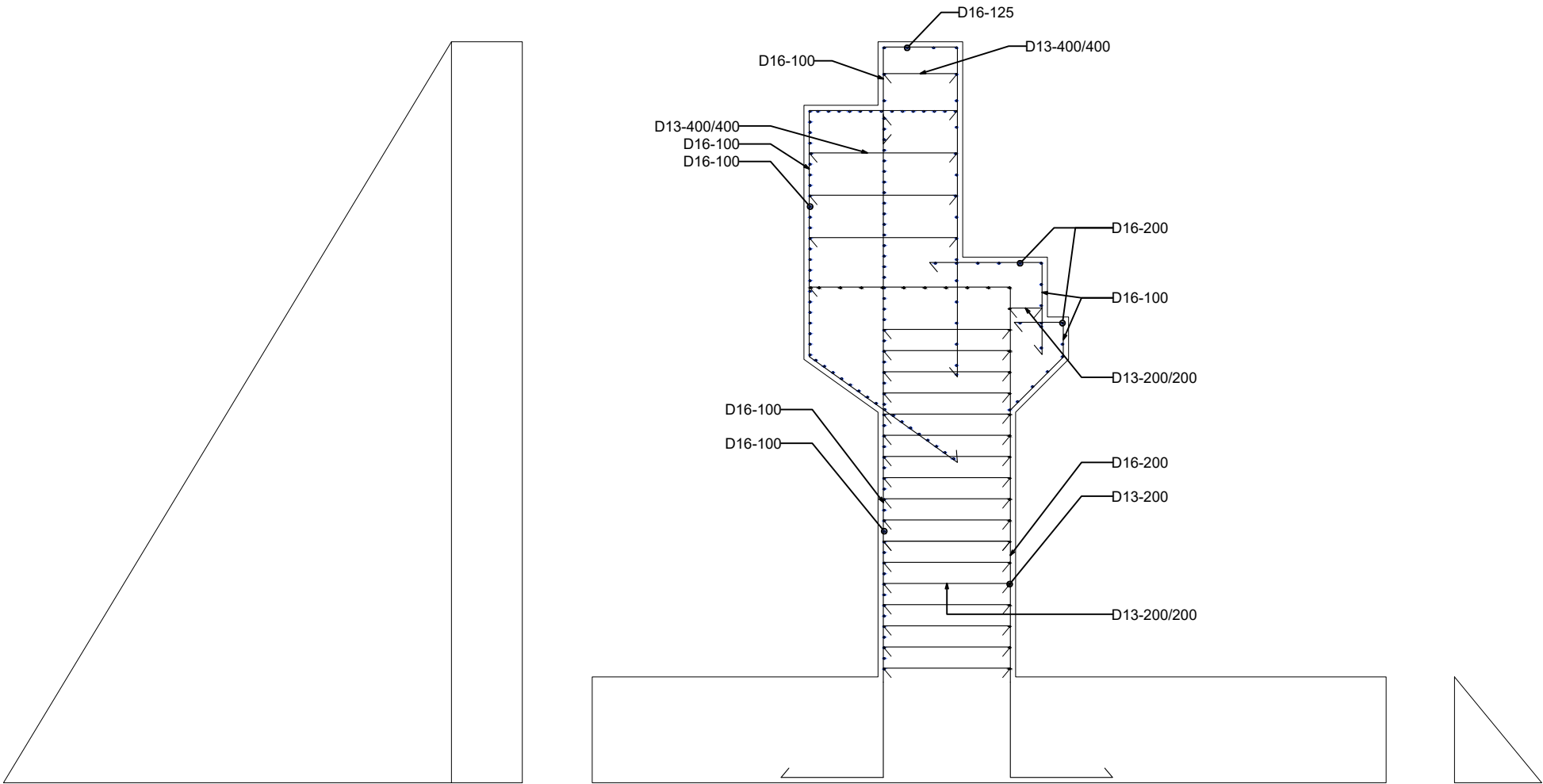
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL ABUTMENT DAN
POTONGAN A-A



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

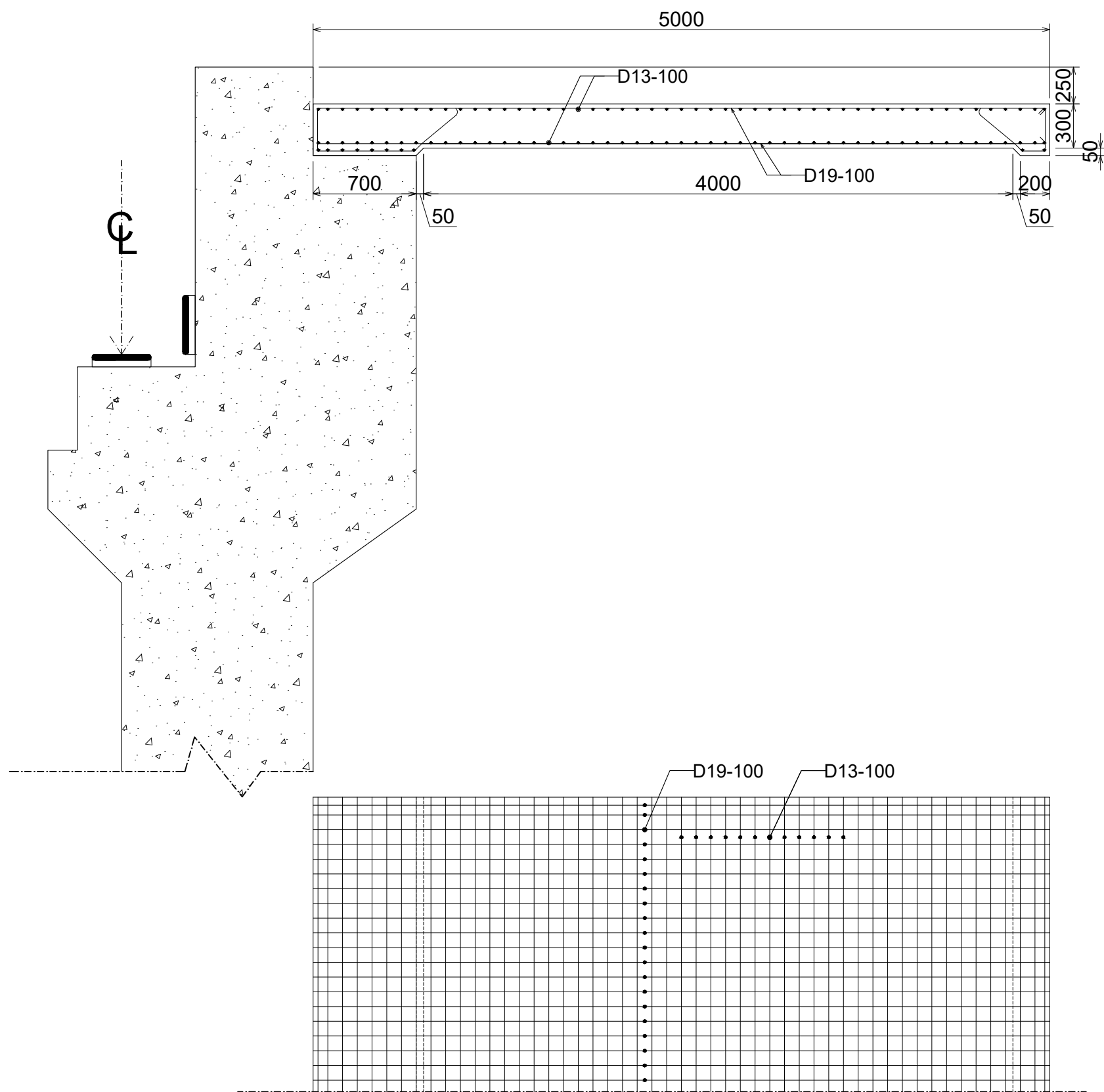
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL TULANGAN ABUTMENT



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL PLAT INJAK DAN DETAIL
TULANGAN PLAT INJAK



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

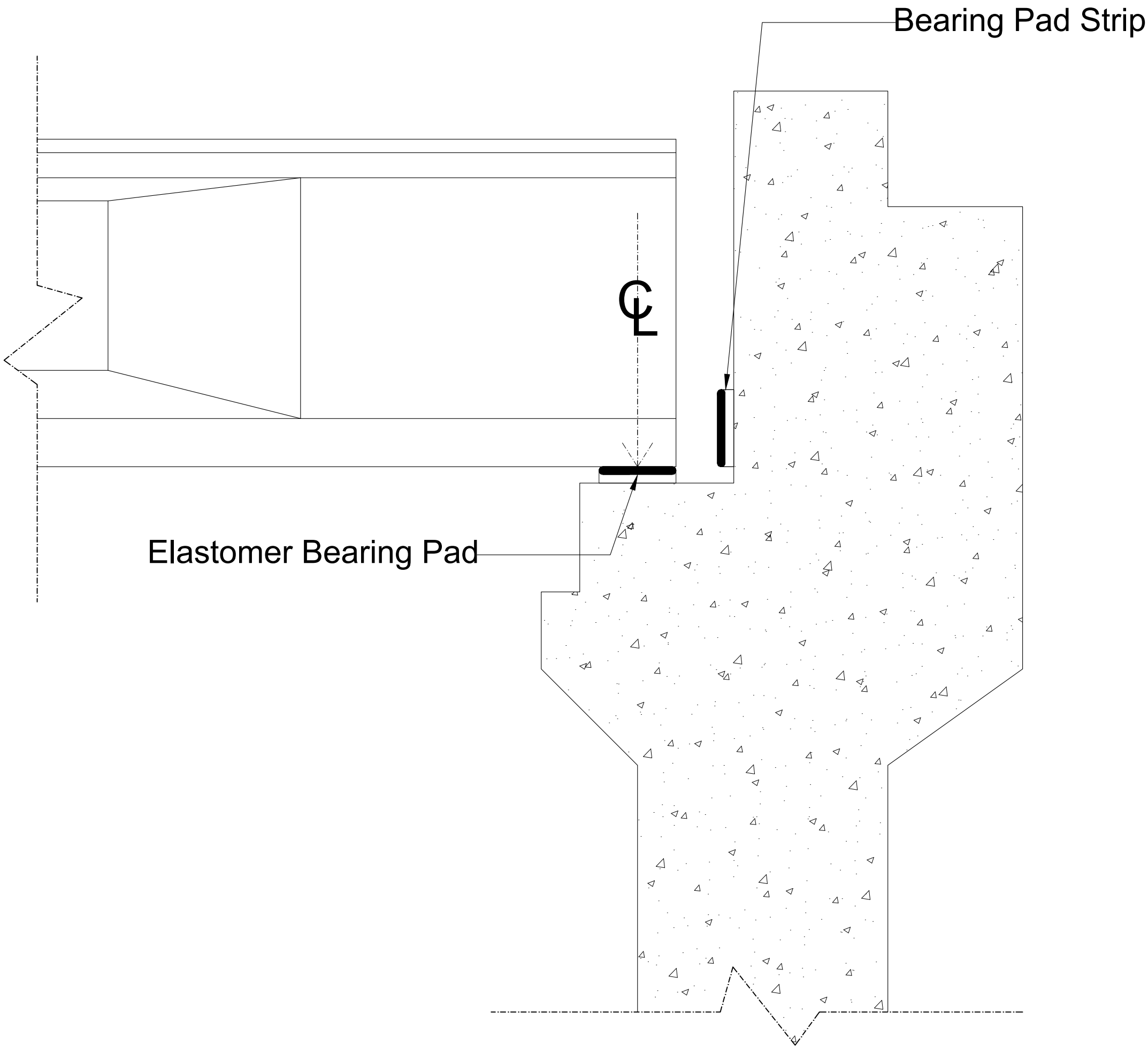
PEMBIMBING 1	PEMBIMBING 2
<u>Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT.</u> NIDN. 0604068203	<u>Khoirudin Fakhri, ST., MT.</u> NIDN. 0621069603

DISUSUN OLEH :

<u>Hamilatur Rahmah</u> 21.21.0010	<u>Hanik Atussolihah</u> 21.21.0018
---------------------------------------	--

JUDUL GAMBAR :

DENAH PLAT INJAK



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621069603

DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL POTONGAN A-A BEARING
PAD



85



300

400



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

PEMBIMBING 2

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

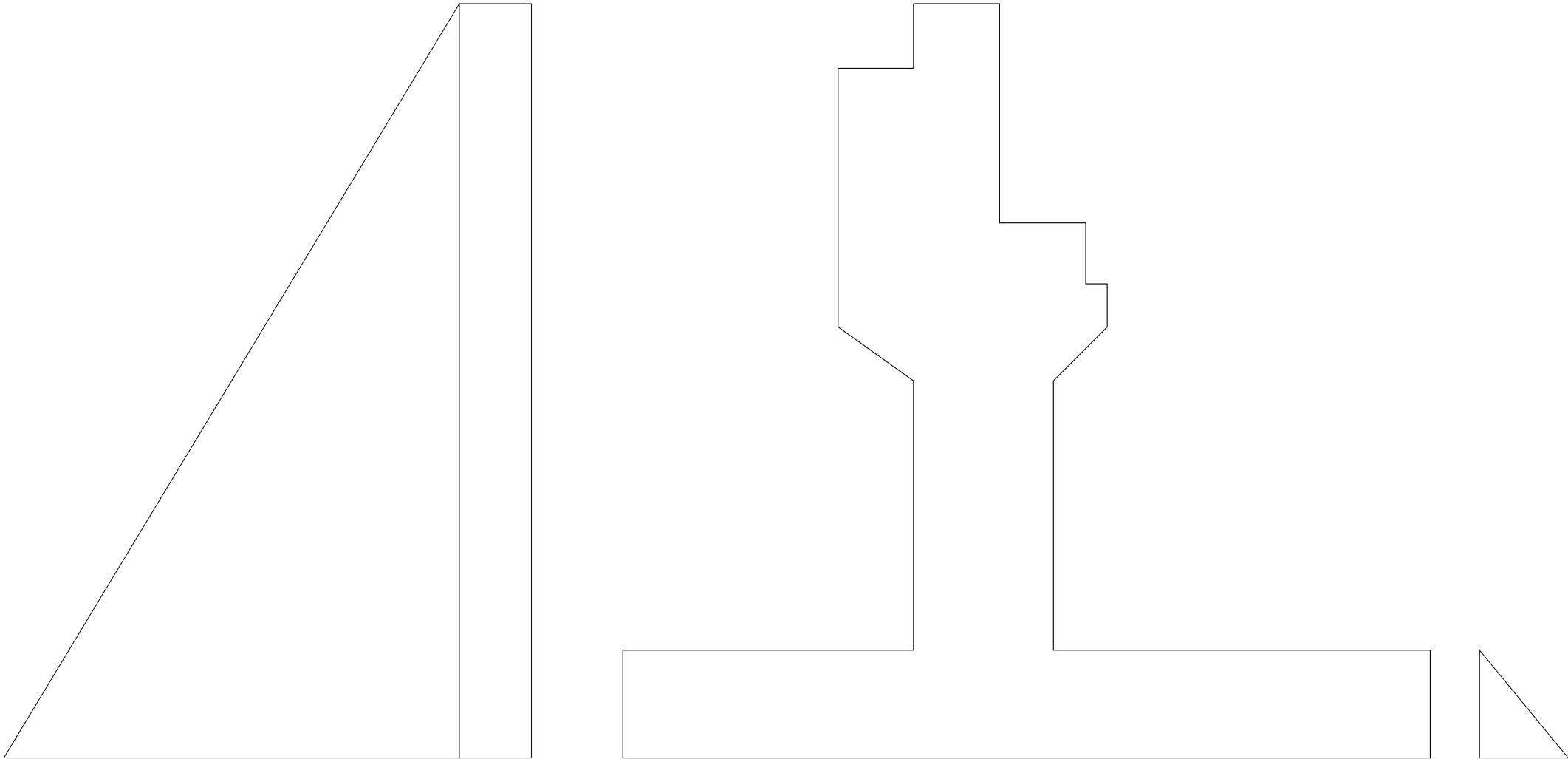
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DENAH PLAT INJAK



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

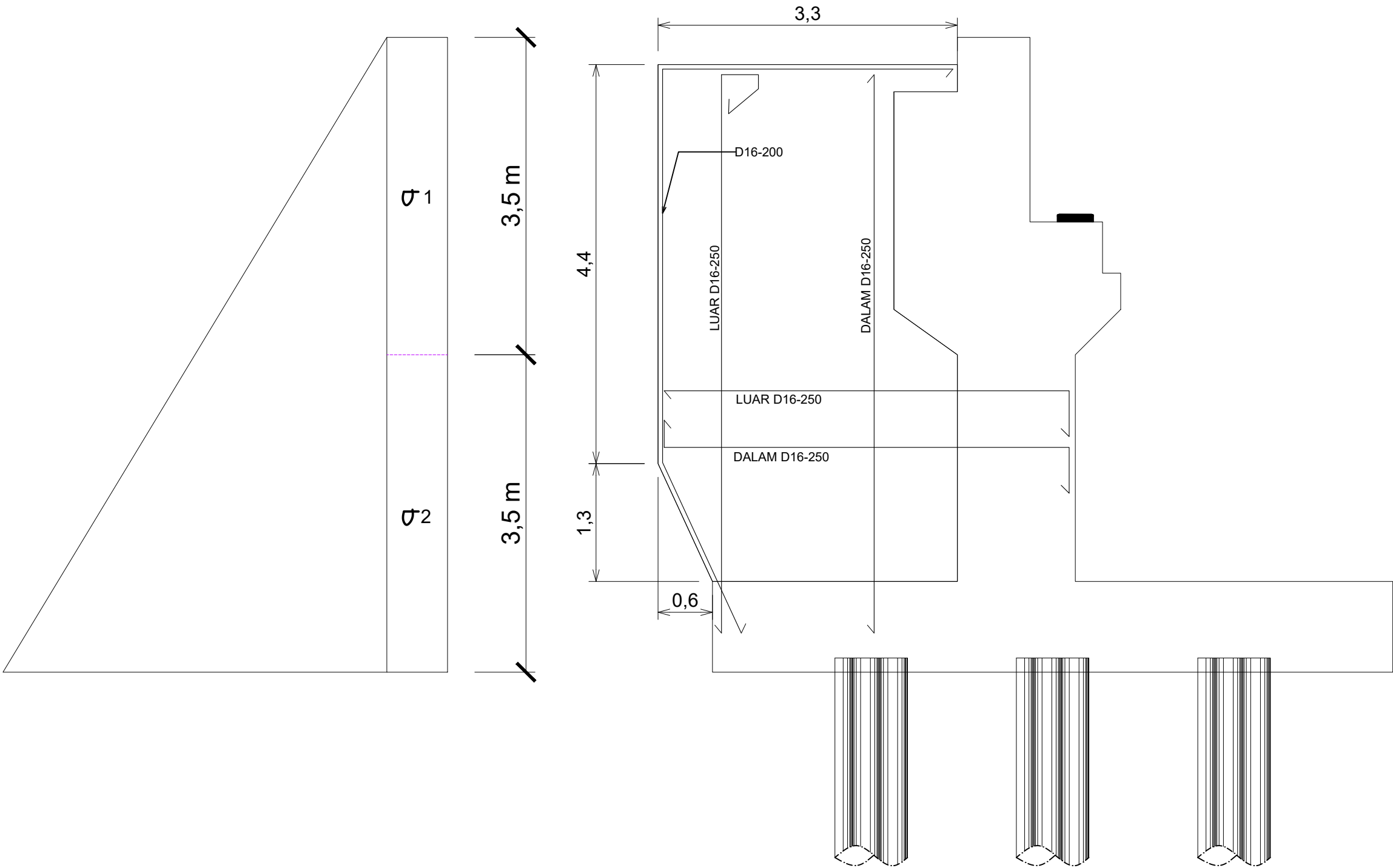
Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

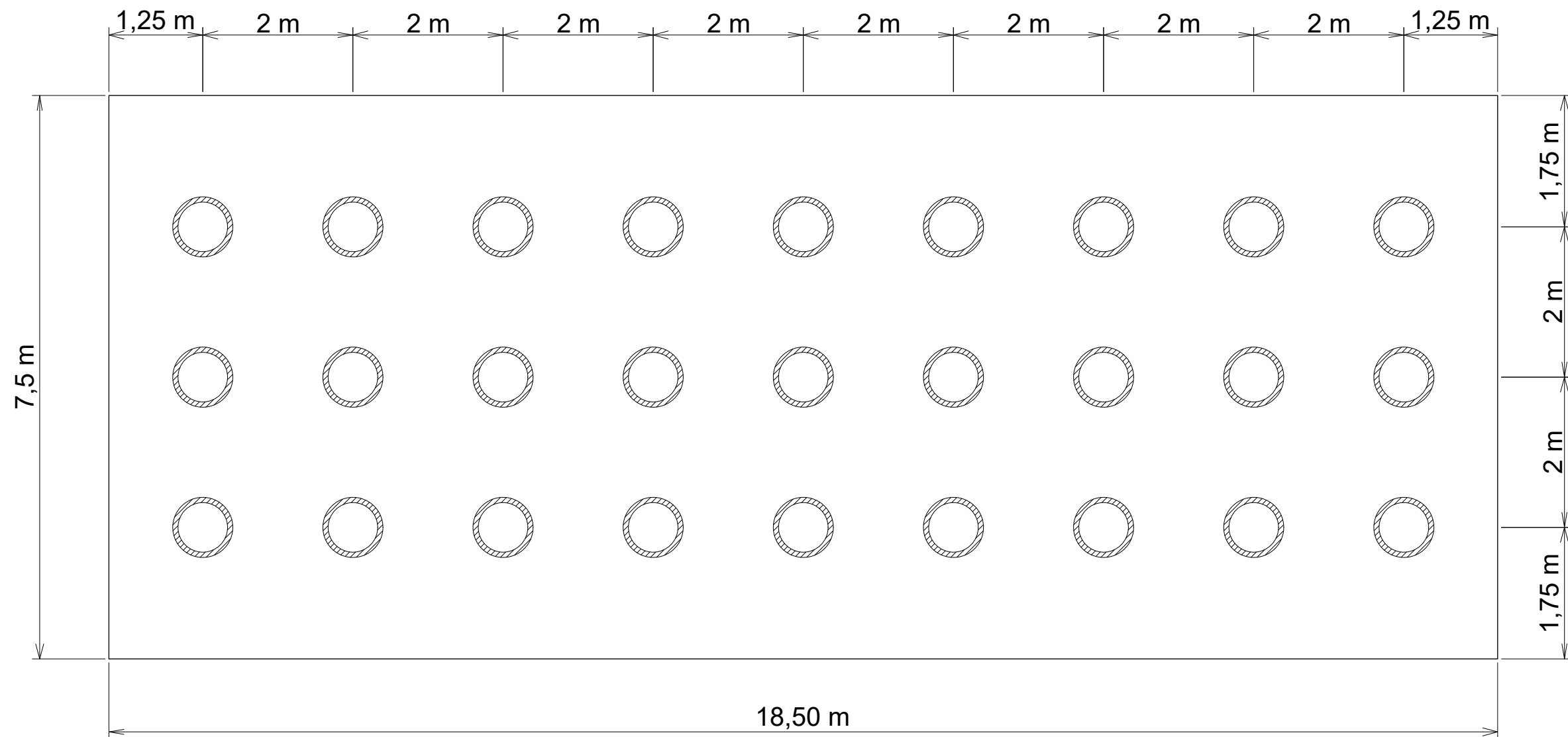
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL TULANGAN WING WALL



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1	PEMBIMBING 2
<u>Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT.</u> NIDN. 0604068203	<u>Khairudin Fakhri, ST., MT.</u> NIDN. 0621069603

DISUSUN OLEH :

<u>Hamilatur Rahmah</u> 21.21.0010	<u>Hanik Atussolihah</u> 21.21.0018
---------------------------------------	--

JUDUL GAMBAR :

DENAH PONDASI BOREPILED



UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604068203

PEMBIMBING 2

Khoirudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

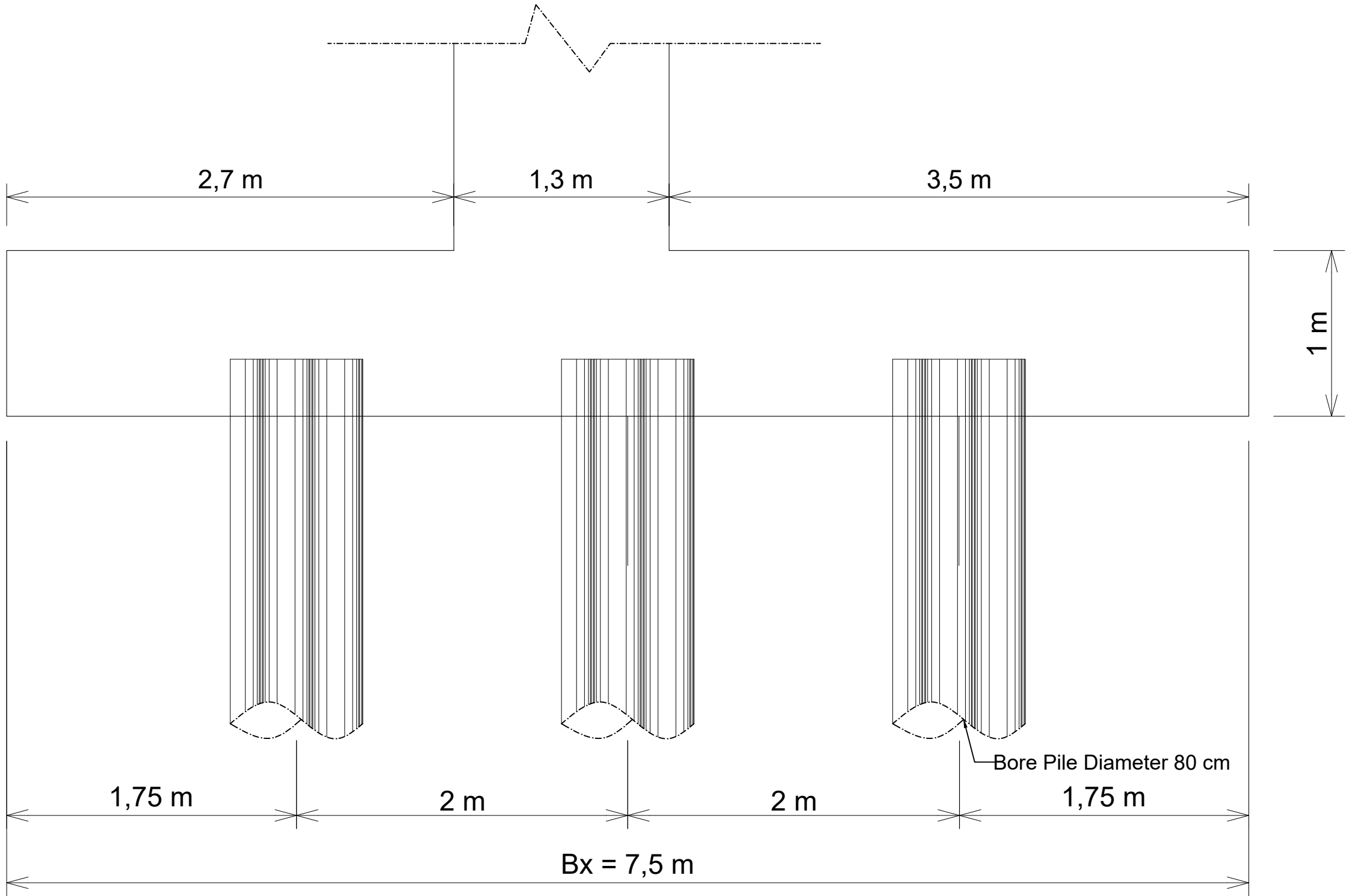
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

POTONGAN MEMANJANG PILE CAP





UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC
CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)
Jl. Tentara Pelajar No.13, Telp. 024-6924355, Ungaran
50514

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK

TUGAS AKHIR
DISUSUN SEBAGAI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR
SARJANA STRATA 1

JUDUL TUGAS AKHIR

REDESAIN UNDERPASS CANGUK
MAGELANG

LOKASI PERENCANAAN

JALAN URIP
SUMOHARJO & JALAN SOEKARNO
HATTA, CANGUK, MAGELANG

DISETUJUI OLEH :

PEMBIMBING 1

Ir. Agung Hari
Wibowo, S.P., ST., MT.
NIDN. 0604088203

PEMBIMBING 2

Khairudin Fakhri, ST., MT.
NIDN. 0621089603

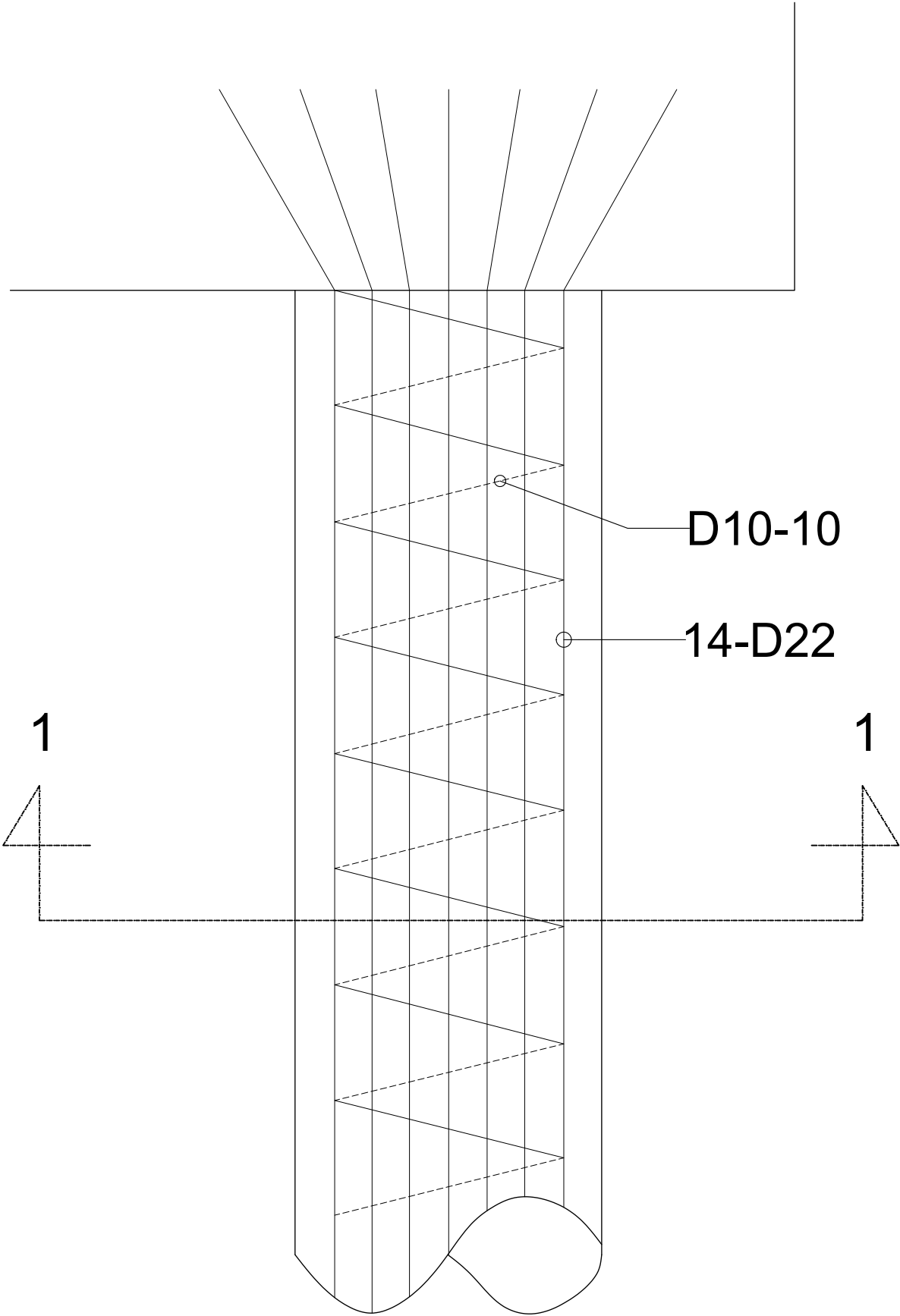
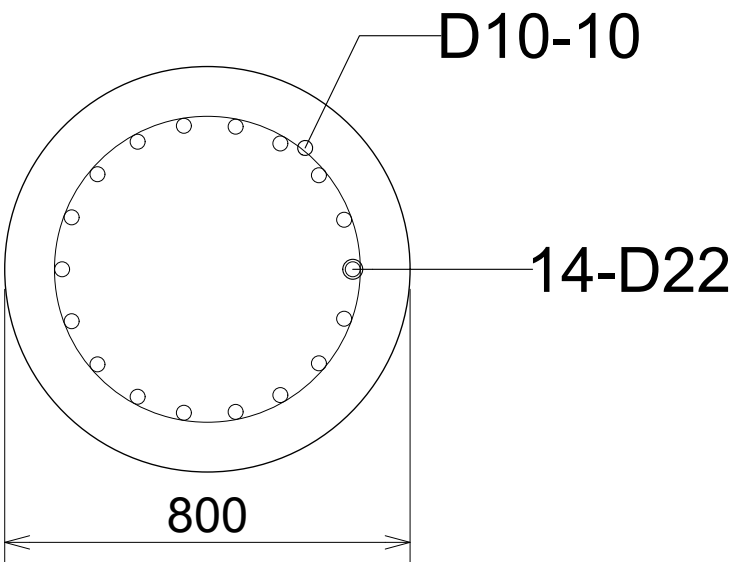
DISUSUN OLEH :

Hamilatur Rahmah
21.21.0010

Hanik Atussolihah
21.21.0018

JUDUL GAMBAR :

DETAIL TULANGAN PONDASI
BORED PILE



Potongan 1-1