

PERHITUNGAN PELAT LANTAI, STRUKTUR BAWAH, DAN BANGUNAN PELENGKAP PADA PEKERJAAN REDESAIN UNDERPASS CANGUK MAGELANG

Hamilatur Rohmah¹⁾, Hanik Atussolihah²⁾, Agung Hari Wibowo³⁾, Khoirudin Fakhri⁴⁾

Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman

E-mail:rohmahhamilatur@gmail.com¹⁾, atussolihahh@gmail.com²⁾.

ABSTRACT

This study 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*

ABSTRAK

Tulisan ini menyajikan redesign Underpass Canguk 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 redesign 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*

PENDAHULUAN

Perencanaan jembatan, seperti Jembatan Girder Prategang yang umum di Indonesia, memegang peranan krusial dalam meningkatkan aktivitas ekonomi dan kelancaran lalu lintas antar wilayah. Desain teknis yang cermat menjadi fondasi untuk menghasilkan detail desain jembatan yang efisien dan memenuhi standar. Jembatan Girder Prategang,

dengan fleksibilitas bentangnya, menawarkan solusi efektif dalam berbagai kondisi konstruksi. Studi ini berfokus pada redesign Underpass Canguk di Kota Magelang, yang terletak di jalur arteri vital Semarang-Yogyakarta, mengatasi permasalahan kemacetan akibat simpang sebidang. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan redesign struktur atas, struktur bawah, pondasi, dan bangunan pelengkap underpass menggunakan tipe Girder Prategang

dengan bentang 30 meter, mengacu pada SNI 1725:2016. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi akademisi dalam memperdalam pemahaman desain infrastruktur dan menjadi bahan wawasan bagi masyarakat umum terkait perancangan jembatan atau underpass.

LANDASAN TEORI

Penelitian ini mendasarkan pada konsep dan teori terkait desain struktur underpass, khususnya dalam konteks penggantian jembatan. Teori-teori utama yang menjadi landasan adalah:

- **Desain Struktur Underpass:** Prinsip-prinsip mekanika rekayasa dan analisis struktur digunakan untuk merancang elemen-elemen underpass seperti dinding penahan tanah (*retaining wall*), lantai dasar, dan struktur atap. Perhitungan meliputi beban vertikal (beban mati dan beban lalu lintas) serta beban horizontal (tekanan tanah).
- **Beton Bertulang:** Material beton bertulang menjadi komponen utama dalam struktur underpass. Teori desain beton bertulang, termasuk perhitungan kekuatan lentur, geser, dan aksial, sesuai dengan standar yang berlaku (misalnya SNI), diterapkan untuk memastikan keamanan dan durabilitas

struktur.

- **Tekanan Tanah:** Perhitungan tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan sangat penting. Teori tekanan tanah aktif, pasif, dan diam, serta faktor-faktor seperti jenis tanah, kepadatan, dan keberadaan air tanah, dipertimbangkan dalam desain.
- **Pondasi:** Jenis dan kapasitas dukung pondasi menjadi faktor krusial. Teori mekanika tanah digunakan untuk menentukan jenis pondasi yang sesuai (misalnya pondasi dangkal atau dalam) dan menghitung daya dukungnya berdasarkan kondisi tanah setempat.
- **Standar Pembebanan:** Desain struktur harus memenuhi standar pembebanan yang relevan, seperti SNI 1725:2016 untuk beban jembatan. Beban lalu lintas, beban pejalan kaki, dan beban lingkungan (misalnya gempa) dipertimbangkan dalam analisis.
- **Software Analisis Struktur:** Penggunaan perangkat lunak (misalnya SAP2000) memungkinkan pemodelan dan analisis struktur yang kompleks, termasuk perhitungan tegangan, deformasi, dan kapasitas struktur.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode perancangan (design method) untuk melakukan redesain Underpass Canguk di Kota Magelang. Proses redesain mencakup analisis struktur atas (PCI Girder tipe I), struktur bawah (abutment), pondasi (bore

pile), dan bangunan pelengkap jembatan.

Pengumpulan Data: Data teknis proyek, termasuk data topografi dan hasil penyelidikan tanah (data sondir manual), diperoleh dari Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Jawa Tengah (P2JN Jateng). Data ini menjadi dasar dalam analisis dan perencanaan struktur.

Analisis dan Perencanaan:

1. **Pembebanan Jembatan:** Analisis pembebanan dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016 tentang Pembebanan Jembatan, dengan kelas jembatan A dan kombinasi beban BM100.

2. **Pemodelan Struktur Atas:** Perhitungan statika jembatan dan analisis pemilihan dimensi girder dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000 versi 22.

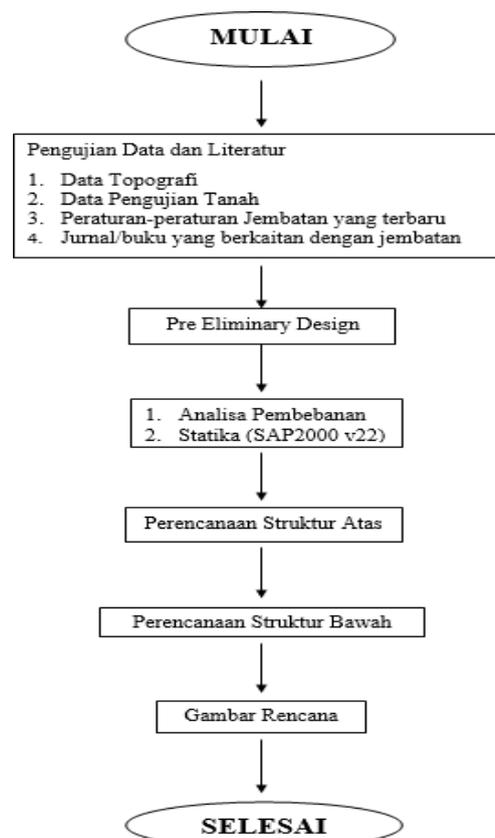
3. **Perencanaan Struktur Bawah dan Pondasi:** Perhitungan desain struktur bawah (*abutment*) dan pondasi (*bored pile*) dilakukan secara manual, mengacu pada peraturan, pedoman, dan kaidah perencanaan teknik sipil yang berlaku.

Pre-Eliminary Design: Data awal perencanaan meliputi bentang jembatan 30 meter, panjang total 31 meter, lebar jalur lalu lintas 15 meter (2 lajur x 7,5 meter), lebar trotoar 2 meter (2 x 1,0 meter), lebar median 0,6

meter, lebar dinding parapet 0,9 meter, jarak antar girder 1,85 meter, tinggi rangka jembatan 5 meter, tebal pelat beton 0,25 meter, tebal lapis aspal 0,05 meter, mutu baja BJTS 420 MPa, dan mutu beton (*f'c*) 30 MPa untuk pondasi dan pelat, serta 50 MPa untuk girder.

Alur Penelitian: Penelitian ini mengikuti bagan alir yang meliputi tahap pengujian data dan literatur, *preliminary design*, analisis pembebanan dan statika, perencanaan struktur atas, perencanaan struktur bawah, dan menghasilkan gambar rencana redesain.

Metodologi ini dirancang untuk menghasilkan redesain yang komprehensif dan sesuai dengan standar teknis yang berlaku, dengan memanfaatkan data lapangan dan perangkat lunak analisis struktur.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Material yang digunakan pada rencana pembangunan Underpass Cangkuk Magelang yaitu:

1. Struktur atas

- Girder Beton Prategang
Mutu beton ($f'c$) : 50 Mpa
- Parapet, Pelat lantai

Mutu beton ($f'c$) : 30 MPa

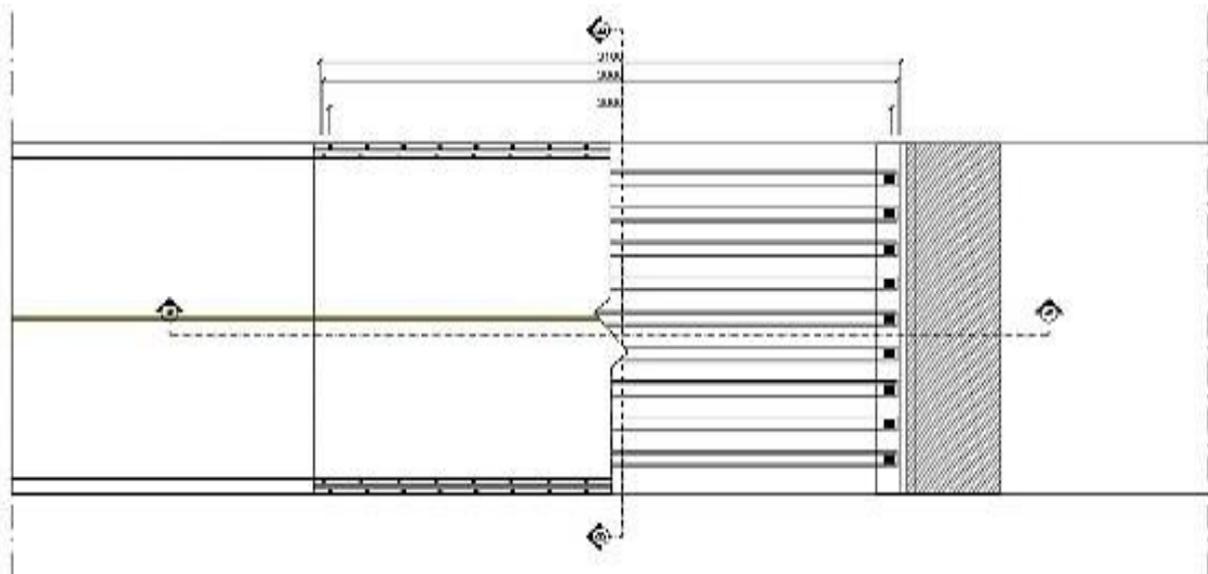
2. Struktur bawah

- Abutment

Mutu beton ($f'c$) : 30 Mpa

3. Pondasi

- Jenis : *Bored pile*
- Diameter : 800 mm
- Mutu beton ($f'c$) : 30 Mpa



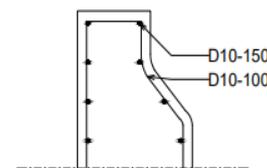
Gambar 2 Denah Struktur Atas Jembatan

A. Hasil Perhitungan Struktur Atas

1. Parapet

Parapet merupakan bagian dari struktur atas jembatan yang berfungsi sebagai pengaman bagi pengguna jalan yang melintas di atas jembatan. Konstruksi sandaran atau parapet menggunakan konstruksi beton bertulang yang menyatu pada pelat lantai. Perencanaan parapet meliputi dimensi dan penulangan:
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
- Tinggi efektif (d) = 405 mm
- $P = 100 \times 2,5 = 250 \text{ kg}$
- Berat total parapet = 478,95 kN



Gambar 3 Desain Penulangan Parapet

2. Pelat Lantai Jembatan

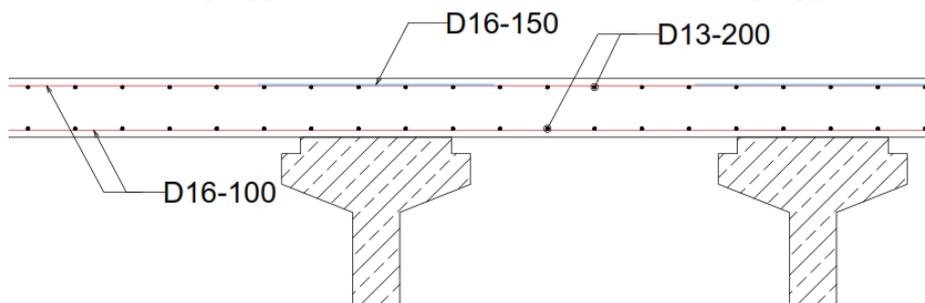
Pelat lantai jembatan merupakan bagian dari struktur atas jembatan yang berfungsi sebagai tempat berpijaknya kendaraan. Perencanaan pelat lantai jembatan meliputi tebal pelat, pembebanan, dan penulangan:

Bentang jembatan = 30,6 m
 Lebar jembatan = 18,5 m

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

Tabel 1 Kombinasi Pembebanan

NO	JENIS BEBAN	KODE BEBAN	FAKTOR BEBAN	M_TUMP	M_LAP	MU_TUMP	MU_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



Gambar 4 Desain Penulangan Pelat Lantai

3. Girder Beton Prategang

Girder beton prategang merupakan balok utama yang menopang beban jembatan. Perencanaan girder, diafragma, dan shear

connector sudah satu pabrikasi pada PT.

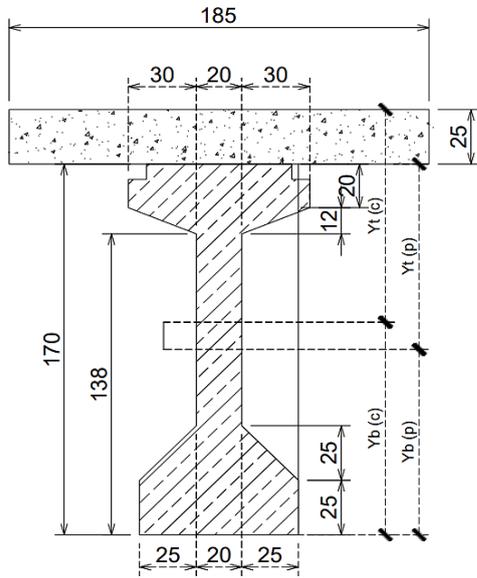
WIKI. Dengan dimensi girder:

H = 1,7 m

B_{atas} = 0,8 m

$B_{\text{bawah}} = 0,7 \text{ m.}$

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



Gambar 5 Dimensi Gelagar (H:1,70) Produksi WIKA

B. Hasil Perhitungan Struktur Bawah

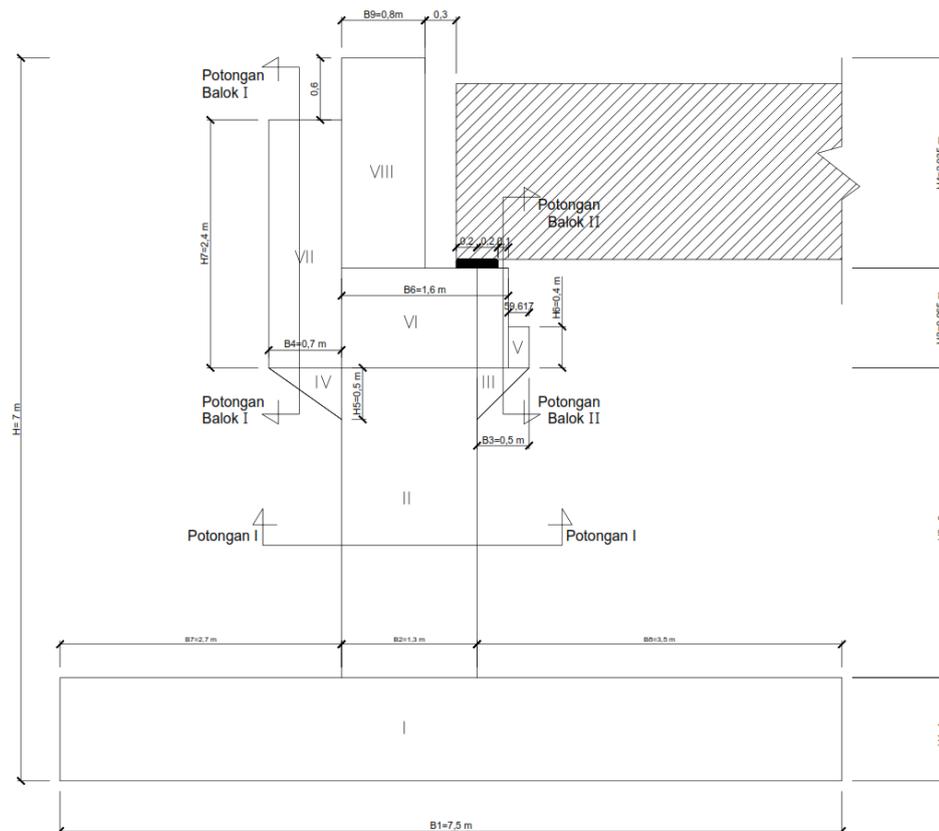
1. Perancangan Abutmen

Abutment adalah struktur bawah

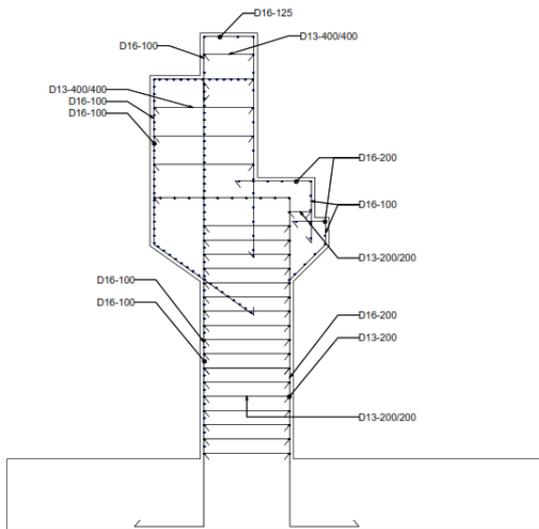
jembatan yang berfungsi sebagai penahan tanah dan pendukung struktur atas jembatan. Perencanaan *abutment* meliputi dimensi, pembebanan, dan penulangan.

Penentuan dimensi abutmen didasari oleh control stabilitas geser, guling, dan daya dukung, serta kemampuan kapasitas penampang dalam menawah beban V_u pada daerah tumpuan.

SF untuk guling didapatkan sebesar 7,53 ($> 2,00$), SF untuk geser didapatkan sebesar 4,9 ($> 1,50$). Dari kedua kondisi tersebut dimensi dinyatakan aman. Akan tetapi stabilitas daya dukung memiliki SF 1,7 ($< 3,00$) sehingga abutmen didesain dengan ditopang fondasi kelompok tiang.



Gambar 6 Detail Dimensi Abutmen



Gambar 7 Desain Penulangan Abutmen

2. Perancangan Fondasi

Pondasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pondasi tiang bor (*bored pile*). Perencanaan pondasi tiang bor meliputi perhitungan daya dukung, penurunan, dan penulangan:

Tipe Pondasi = Bored Pile

Diameter bored pile = 800 mm

Panjang bored pile = 14 m

Nilai q_{ca} = 6646,15 kN/m²

Luas bored pile (A_b) = 0,5028571 m²

Tahanan ujung (Q_b) = 3342,0659 kN

Tahanan selimut (Q_s) = 1317,4857 kN

Berat bored pile (W) = 176 kN

Q_{all} = 1201,52 kN

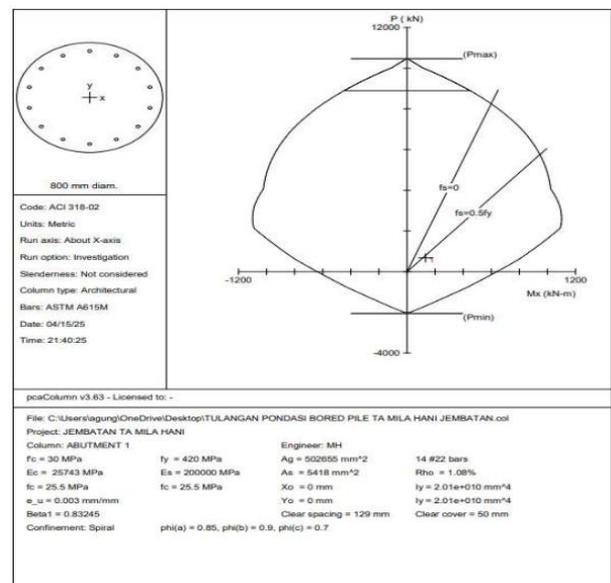
Beban total abutmen didapatkan sebesar 18312,3 kN, direncanakan dipikul oleh 27 tiang dengan konfigurasi sumbu x 3 tiang, dan sumbu y 9 tiang. Konfigurasi ini menghasilkan perhitungan efisiensi group tiang sebesar 62,12%. Sehingga didapatkan daya dukung kelompok tiang sebagai berikut:

$$Q_g = 62\% \times 27 \times 1201,52$$

$$= 202216,8 \text{ kN} > 18312 \text{ kN (Aman)}$$

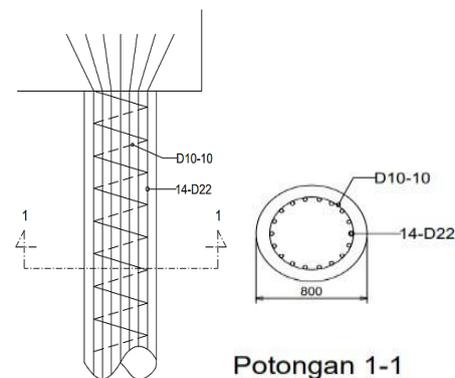
Perhitungan defleksi lateral dan penurunan dibantu oleh software allpile 7.0 yang menghasilkan angka penurunan kelompok tiang sebesar 0,20 cm, dan angka defleksi lateral sebesar 0,7 cm.

Penulangan *bore pile* dihitung dengan software PCA Coloumn dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 8 Hasil Analisis Penulangan Bore Pile dengan PCA Coloumn

Setelah dilakukan *run analysis* maka penggunaan tulangan bore pile 14 D 22 dinyatakan aman. Spiral dipasang dengan diameter 10 mm jarak 200 mm.



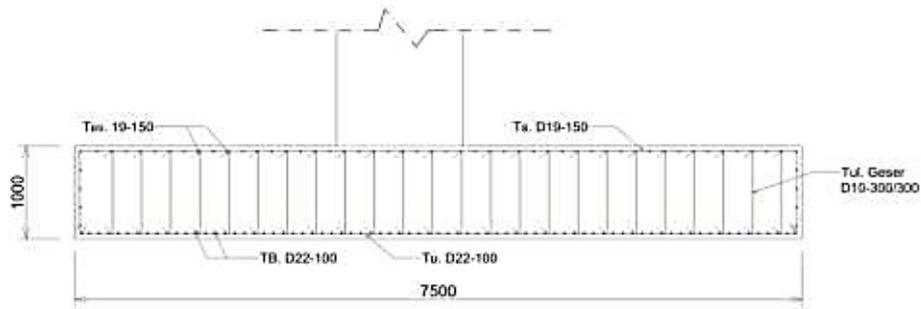
Gambar 9 Detail Penulangan Bore Pile

3. Perancangan Pile Cap

Pile cap adalah bagian dari pondasi jembatan yang berfungsi sebagai penghubung antara pondasi dan abutment. Perencanaan *pile cap* meliputi dimensi dan penulangan:

P_{maks} : 3539,67 kN
Lebar pile cap (arah x) : 7,5 m

Lebar pile cap (arah y) : 18,5 m
Mutu beton (f_c) : 30 MPa
Mutu baja (f_y) : 420 Mpa
Tulangan lentur (arah x): D22-100
Tulangan lentur (arah y): D22-100
Tulangan susut (arah x) : D19-150
Tulangan susut (arah y) : D19-150
Tulangan Geser Dipasang D10-300/300

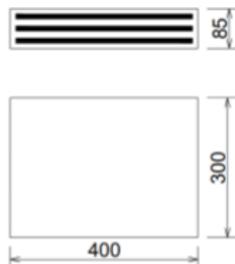


Gambar 10 Detail Tulangan Pile Cap

C. Perhitungan Bangunan Pelengkap

1. Bearing

Bearing adalah perletakan antara girder dan abutmen yang berfungsi untuk menyalurkan beban dan mengakomodasi pergerakan. Perhitungan mendapatkan dimensi *bearing pad* dengan dimensi 30 x 40 x 8,5 cm.

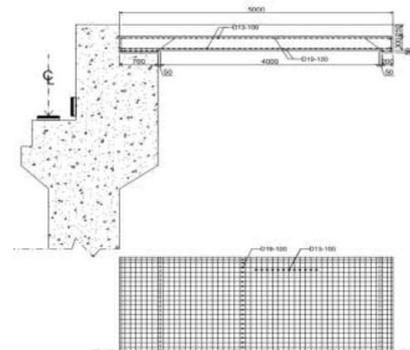


Gambar 11 Bearing Pad 400 x 300 x 85 mm

2. Pelat Injak

Pelat injak adalah pelat beton yang terletak di antara abutment dan

timbunan jalan. Pelat injak dimaksudkan sebagai transisi dari perkerasan jalan masuk ke jembatan. Perencanaan pelat injak mengacu pada: Surat Edaran Direktur Bina Teknik, Dirjen Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum Nomor JB.09-02-BT/96 Tanggal 12 Juni 2009 Perihal Standar Desain Pelat Injak Jembatan Jalan Raya.



Gambar 12 Desain Penulangan Pelat Injak

PENUTUP

Perencanaan pembangunan Underpass Canguk menghasilkan desain struktur yang terdiri dari:

- Struktur atas jembatan menggunakan girder beton prategang tipe I dengan dimensi tertentu dan beton f'c 50 Mpa.
- Struktur bawah jembatan menggunakan abutment dengan tinggi 6 meter dan material beton f'c 30 Mpa dan baja tulangan fy 420 Mpa.
- Pondasi dalam menggunakan bored pile dengan diameter 80 cm, berjumlah 27 tiang.
- Bangunan pelengkap jembatan meliputi bearing, pelat injak, dan wing wall dengan dimensi dan tulangan tertentu.

Saran:

- Perlu analisis lebih lanjut mengenai efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan terkait pemilihan girder beton prategang.
- Pengendalian pemadatan tanah di belakang abutment sangat penting untuk memenuhi parameter desain tekanan horizontal *abutment*.
- Disarankan untuk melakukan pengujian tanah tambahan (misalnya, SPT) sebagai pembanding kapasitas dukung

pondasi.

- Optimasi desain bangunan pelengkap (*bearing dan wing wall*) perlu dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan struktural, anggaran, dan ketersediaan material.

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*