

ANALISA DESAIN *FLY OVER* DAN *SLAB ON PILE* PADA PERENCANAAN JALAN LINGKAR BARAT KOTA SURABAYA

Ilanka Cahya Dewi⁽¹⁾, Pujo Priyono⁽²⁾

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember^{1,2,3}
Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia
email : ilankadewi@unmuhjember.ac.id

Abstract

The increasing of traffic intensity need to be accommodated by a sufficient infrastructure, both roads and bridges. So the traffic flow fluency can be guaranteed. Surabaya's West Outer Ring Road is one of the sections with heavy traffic flow, while the land condition consists of swampy areas. For this purpose, make a road design with a fly over and slab on pile system that is efficient and fulfill the safety factor for its use. The methodology in this analysis are: (1) Review of the existing conditions, (2) 3 dimension structural analysis, both the bearing capacity of the foundation and the structure of fly over, full slab and slab on the pile, (3) Evaluation of the section capacity of the structure and foundation with the SAP 2000 V.14.2.5 software. The analysis's result obtained by the fly over design for pier head beam uses D32 for the main reinforcement, D25 for the shear, Type B elastomer. While the pier uses D32 for the longitudinal reinforcement, D16 for shear. The piles uses D600 with D22 for main and D13 for shear reinforcement, while pile cap uses D32 for the main reinforcement, D25 for shrinkage and shear reinforcement. The design of full slab uses D13 for the main reinforcement during lifting condition and ultimate loads. For ultimate conditions uses D13 for x-direction and D22 for y-direction reinforcement. The type B elastomer is used for slab on pile. The type C of pier is used with D600 reinforcement, with D22 for the main and D13 for shear reinforcement. Pile head reinforcement uses D32 and D22 while the shear reinforcement is D19 and D16. The fly over slab design uses D19 for main reinforcement. The section capacity investigation of the fly over and slab precast structures on shear control, fracture, the lifting stress and deflection shows that the sections are fulfill the safety requirement.

Keywords: design, fly over, full slab, slab on pile

Abstrak

Intensitas lalu lintas yang terus meningkat perlu diakomodir dengan penambahan infrastruktur, baik jalan ataupun jembatan. Sehingga kelancaran arus lalu lintas terjamin. Jalan lingkaran Luar Barat Surabaya merupakan salah satu ruas jalan dengan arus lalu lintas yang cukup padat, sedangkan kondisi tanahnya mayoritas merupakan daerah rawa. Sehingga tujuan dari Analisa ini adalah untuk merencanakan jalan dengan sistem struktur *fly over* dan *slab on pile* yang ekonomis dan memenuhi segi keamanan serta rencana penggunaannya. Metodologi dalam Analisa ini adalah: (1) Peninjauan kondisi eksisting, (2) Analisa struktur 3 dimensi, baik daya dukung pondasi maupun struktur *fly over*, *full slab* dan *slab on pile*, (3) Evaluasi kapasitas penampang struktur dan pondasi dengan program bantu SAP 2000 V.14.2.5. Dari hasil perhitungan diperoleh desain *fly over* untuk balok menggunakan tulangan utama D32, tulangan geser D25, elastomer tipe B, sedangkan kolom *pier* menggunakan tulangan longitudinal D32, tulangan geser D16. Untuk tiang pancang menggunakan D600 dengan tulangan utama D22 dan tulangan geser D13, sedangkan *pile cap* menggunakan tulangan utama D32, tulangan susut D25, dan tulangan geser D25. Dengan jumlah dan jarak masing-masing sesuai hasil perhitungan. Untuk desain *full slab*, penulangan saat kondisi pengangkatan dan beban ultimit menggunakan tulangan utama D13, Penulangan pada kondisi ultimit menggunakan D13 untuk arah-x dan D22 untuk arah-y. Pada *slab on pile*, digunakan elastomer tipe B. Tiang pancang tipe C (D 600), tulangan utama D22, dan tulangan geser D13. Penulangan *pile head* menggunakan D32 dan D22 sedangkan tulangan geser D19 dan D16. Desain pelat lantai *fly over* menggunakan tulangan utama D19. Hasil evaluasi kapasitas penampang menunjukkan keamanan terpenuhi. Dan untuk struktur pracetak, dilakukan kontrol terhadap geser, retak, tegangan akibat pengangkatan, serta lendutan yang menunjukkan bahwa penampang aman.

Kata kunci: desain, *fly over*, *full slab*, *slab on pile*

Pendahuluan

Surabaya merupakan salah satu kota metropolitan dan merupakan ibu kota propinsi Jawa Timur yang memiliki luas sekitar 326,81 km² dengan jumlah penduduk lebih dari 3 juta jiwa. Dengan besarnya jumlah penduduk ini, maka mobilitas di kota Surabaya pun juga tinggi. Hal ini menuntut prasarana jalan yang memadai untuk para penggunanya.

Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) Surabaya merupakan salah satu ruas jalan di Surabaya yang memiliki intensitas lalu lintas cukup tinggi. Sehingga perlu dibangun infrastruktur jalan dan jembatan untuk memperlancar arus lalu lintas tersebut. Kondisi JLLB mayoritas merupakan daerah rawa, sehingga perlu dibangun sistem *fly over* dan *slab on pile* untuk melintasi daerah tersebut.

Sehingga penelitian ini bertujuan untuk melakukan Analisa terhadap jalan secara keseluruhan di daerah Surabaya Barat meliputi desain *fly over* dan desain *slab on pile* pada beberapa stasiun (STA.) tertentu

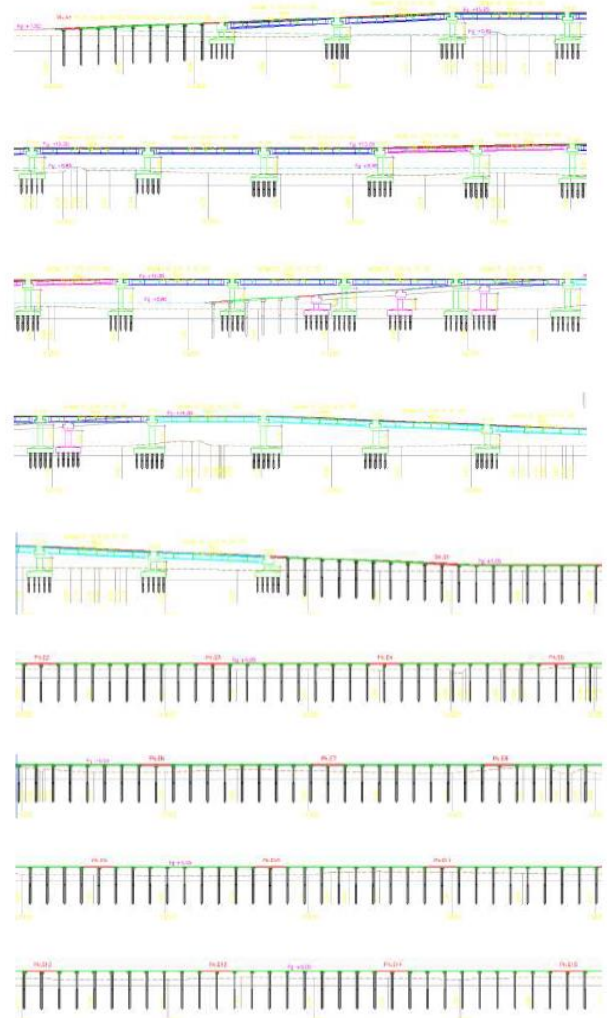
Metodologi:

1. Mempelajari data perencanaan dan data eksisting, baik data geometri, data tanah, rencana pondasi, dan penulangan yang terpasang
2. Melakukan Analisa struktur dengan pemodelan 3 dimensi berdasarkan data geometri, untuk mengetahui distribusi gaya dalam maksimum yang bekerja pada pilar jembatan.
3. Melakukan evaluasi kapasitas penampang dan kapasitas pondasi terhadap gaya dalam yang terjadi

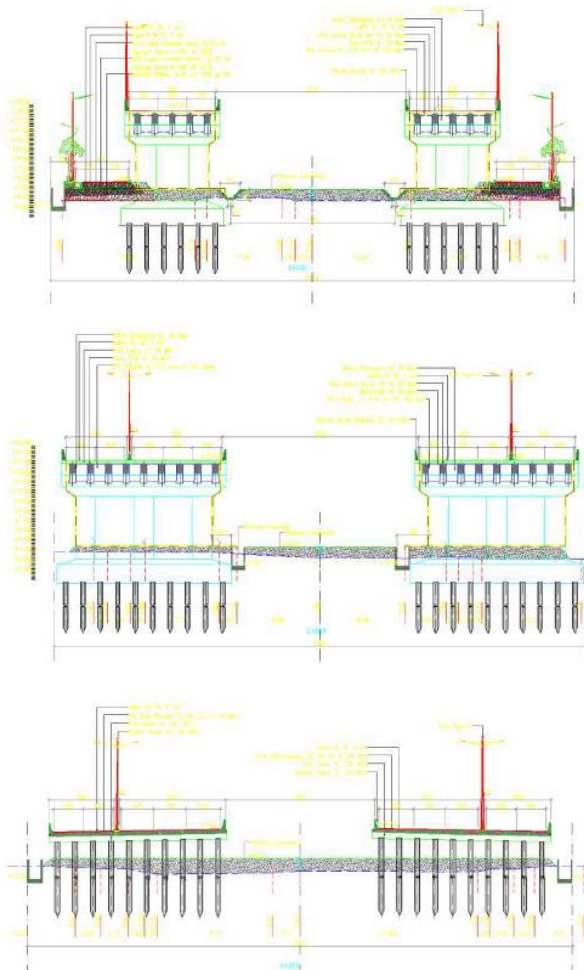
Kriteria desain

Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya memiliki beberapa *fly over* dan *slab on pile* yang didesain untuk dapat ditopang oleh pondasi tiang pancang berjenis *spun pile* berdiameter 600 mm. Pilar – pilar ini akan menopang jalur jalan yang berupa struktur PCI Girder. PCI Girder yang didesain disesuaikan dengan produk keluaran pabrik beton pracetak, sehingga girder hanya berlaku sebagai pendistribusi beban lalu lintas saat pemodelan struktur.

Perencanaan struktur jembatan yang ekonomis dan memenuhi segi keamanan serta rencana penggunaannya, merupakan suatu hal yang penting. Dalam hal ini, metode perencanaan struktur yang digunakan yaitu dengan metode perencanaan ultimit dengan pemilihan faktor beban ultimit sesuai SNI 03-1725-2016 tentang Tatacara Perencanaan Pembebanan Untuk Jembatan, dan SNI-03-2833-2013 tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan. Metode selanjutnya menggunakan metode perencanaan tegangan ijin dengan beban kerja. Perencanaan ini menggunakan software SAP 2000 V.14.2.5



Gambar 1. Potongan Memanjang Rencana Pilar & Slab on Pile



Gambar 2. Potongan Melintang Tipikal Rencana Pilar & Slab on Pile

Spesifikasi Material

Material yang digunakan pada analisa struktur ini adalah:

- Elemen struktur beton
Mutu beton = K-400 / $f'c$ 35 MPa
- Tiang pancang
Diameter *spun pile* = 600 mm
Ujung bawah = kelas A
Ujung atas = kelas C
- Tulangan baja ulir
Tegangan leleh, f_y = 400 MPa

Data pembebanan

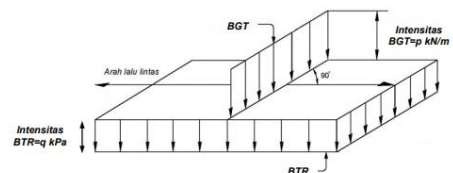
Data perencanaan pembebanan mengacu pada SNI 1725 – 2016 dan RSNI 2833-201X, yaitu:

- Beban mati akibat berat sendiri, M_s
 - Beton bertulang = $2,500 \text{ kg/m}^3$
 - Baja = $7,850 \text{ kg/m}^3$
- Beban Mati Tambahan, M_A

- Aspal = $2,200 \text{ kg/m}^3$
- Pelat beton = $2,500 \text{ kg/m}^3$
- Barrier & Parapet = $2,400 \text{ kg/m}^3$
- Beban hujan = $1,000 \text{ kg/m}^3$
- Pipa Baja MEP = $7,850 \text{ kg/m}^3$

c. Beban Hidup Lajur, TD

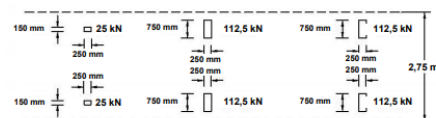
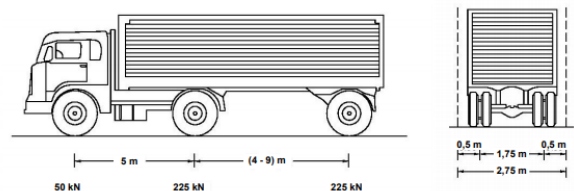
- Beban Garis Terpusat, BGT = 49 kN/m
- Beban Hidup Terbagi Rata, BTR untuk panjang jembatan $\leq 30\text{m}$, BTR = 9 kPa
untuk panjang jembatan $> 30\text{m}$, BTR = $9 (0.5 + 15/L)$ kPa.



Gambar 3. Beban Lanjur D, Konfigurasi BGT dan BTR (SNI 1725 Tahun 2016)

d. Beban Hidup Truk, TT

Menggunakan kendaraan truk *semi trailer* sesuai SNI 1725-2016



Gambar 4. Beban Truk 500 kN (SNI 1725 Tahun 2016)

e. Beban Hidup Rem, TB

- Diambil sebesar 25% dari berat gandar truk atau
- 5% dari berta truk rencana ditambah BTR

f. Beban Angin, W

Dalam desain struktur *fly over* dan *slab on pile* ini secara keseluruhan menggunakan struktur beton yang massif, sehingga beban angin berpengaruh kecil terhadap struktur, namun beban angin tetap diperhitungkan sebagai angin transfer

ke lantai jembatan dan angin yang mengenai permukaan pilar

- g. Beban Arus dan Hanyutan, E_F diabaikan
- h. Beban Temperatur Merata, E_{un} diabaikan
- i. Beban Gempa, E_Q

Penentuan respon spektrum berdasarkan RSI 2833-201X

Berdasarkan lokasi, diperoleh parameter untuk respon spectra sebagai berikut:

Site class = S_E (Tanah Lunak)

0.2 second Acceleration response spectra = 0.50 g

1 second acceleration response spectra = 0.25 g

PGA = 0.25

Percepatan Puncak di permukaan

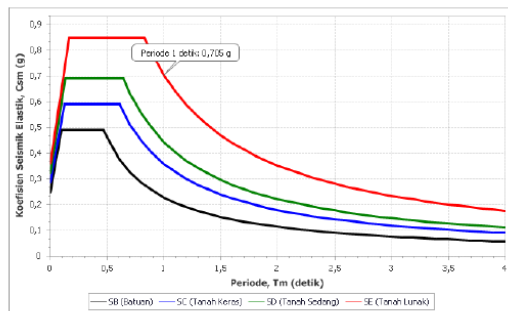
Tanah (A_s) = 0.30

SDS = 0.85 g

SD1 = 0.75 g

Nilai modifikasi respons R yang dipakai:

Untuk perencanaan struktur *pile cap*, kolom dan balok pier digunakan $R=2.0$ untuk gempa arah X dan Y, sedangkan untuk perencanaan pondasi tiang pancang digunakan $R=1.0$ untuk arah X maupun Y



Gambar 2.9. Kurva Respon Spektrum Tanah Lunak pada Lokasi fly over Sta 0+000 – 2+971

Gambar 5. Kurva Respon Spektrum Tanah Lunak pada Lokasi Flyover Sta. 0+000 – 2+971

- j. Kombinasi Pembebanan
Berdasarkan SNI 2847-2013, SNI 1725-2016, dan RSNI 2833-201X, perencanaan dan evaluasi struktur beton bertulang untuk jembatan kategori penting harus menggunakan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

1. Kombinasi Pembebanan Normal

$$\text{Kuat 1 (D)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 1.8 \text{ TD} + 1.8 \text{ TB}$$

$$\text{Kuat 1 (T)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 1.8 \text{ TT} + 1.8 \text{ TB}$$

$$\text{Kuat 3} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 1.4 \text{ EWS}$$

2. Kombinasi Pembebanan Akibat Gempa

$$\text{Extrem 1 (R=1)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 0.3 \text{ TD} + 1.0 \text{ EQX} + 0.3 \text{ EQY}$$

$$\text{Extrem 1 (R=1)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 0.3 \text{ TD} + 0.3 \text{ EQX} + 1.0 \text{ EQY}$$

$$\text{Extrem 1 (R=1)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 0.3 \text{ TT} + 1.0 \text{ EQX} + 0.3 \text{ EQY}$$

$$\text{Extrem 1 (R=1)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 0.3 \text{ TT} + 0.3 \text{ EQX} + 1.0 \text{ EQY}$$

$$\text{Extrem 1 (R=2)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 0.3 \text{ TD} + 1.0 \text{ EQX} + 0.3 \text{ EQY}$$

$$\text{Extrem 1 (R=2)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 0.3 \text{ TD} + 0.3 \text{ EQX} + 1.0 \text{ EQY}$$

$$\text{Extrem 1 (R=2)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 0.3 \text{ TT} + 1.0 \text{ EQX} + 0.3 \text{ EQY}$$

$$\text{Extrem 1 (R=2)} = 1.3 \text{ MS} + 2.0 \text{ MA} + 0.3 \text{ TT} + 0.3 \text{ EQX} + 1.0 \text{ EQY}$$

3. Kombinasi Pembebanan Service

$$\text{Service 1} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1.0 \text{ TD} + 1.0 \text{ TB} + 0.3 \text{ Ews}$$

$$\text{Service 1} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1.0 \text{ TT} + 1.0 \text{ TB} + 0.3 \text{ Ews}$$

$$\text{Service 2} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1.3 \text{ TD} + 1.3 \text{ TB}$$

$$\text{Service 2} = 1.0 \text{ MS} + 1.0 \text{ MA} + 1.3 \text{ TT} + 1.3 \text{ TB}$$

Analisa dan Pembahasan

Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Kapasitas material tiang pancang berdasarkan spesifikasi teknis kapasitas material ijin tiang pancang yang digunakan berdasarkan rencana kelas adalah sebagai berikut:

- Tiang pancang Sisi Atas – diameter 600 Kelas C

$$P_{\text{allowable}} = 229.50 \text{ ton}$$

$$M_{\text{ult}} = 58.00 \text{ ton.meter}$$

$$M_{\text{crack}} = 29.00 \text{ ton.meter}$$

- Tiang Pancang Sisi Bawah – diameter 600 Kelas A1

$$P_{\text{allowable}} = 252.70 \text{ ton}$$

$$M_{\text{ult}} = 17.00 \text{ ton.meter}$$

$$M_{\text{crack}} = 25.50 \text{ ton.meter}$$

Sedangkan kelas situs adalah sebagai berikut:

- Kelas situs Sta. 0+400 = SD
- Kelas situs sta. 0+750 = SE
- Kelas situs sta. 1+000 = SE
- Kelas situs sta. 2+300 = SE

Desain Struktur *Fly Over* Sta. 0+400 Bentang 40 meter

1. Struktur *Balok Pier Head*

Dari hasil analisa diperoleh dimensi balok sebagai berikut:

Lebar Balok	b	=	1800	mm
Tinggi balok	h	=	3450	mm
Selimit beton	d'	=	50	mm
Tinggi efektif	d	=	3400	mm

Rekapitulasi Penulangan Balok *Pier Head* Sta. 0+400 adalah sebagai berikut:

Tumpuan

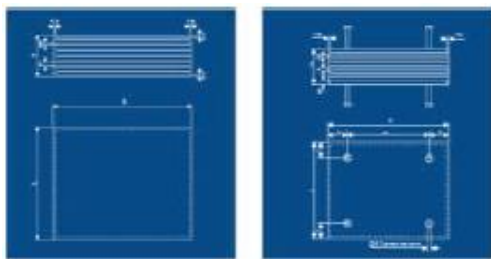
Tulangan tarik	A_{ST}	=	32 D 32
Tulangan tekan	A_{Sc}	=	19 D 32
Tulangan Badan	A_{SV}	=	10 D 32
Tulangan geser		=	D25 – 150

Lapangan

Tulangan tarik	A_{ST}	=	32 D 32
Tulangan tekan	A_{Sc}	=	19 D 32
Tulangan Badan	A_{SV}	=	11 D 32
Tulangan geser		=	D25 – 200

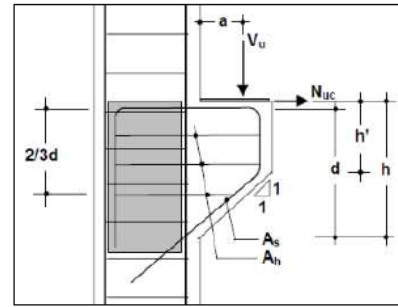
2. Struktur *PCI Girder*

Hasil perhitungan SAP menunjukkan reaksi (Vult) pada balok Girder sebesar 1516,086 kN. Untuk elastomer yang digunakan adalah tipe B dengan dimensi 300 x 400 x 57 dengan kapasitas 2071 kN. Sedangkan panjang perletakan minimum untuk tumpuan girder dan perletakan elastomer sebesar 1000 mm.



Gambar 6. Desain *Elastomer*

3. Konsol Pendek untuk Tumpuan Girder

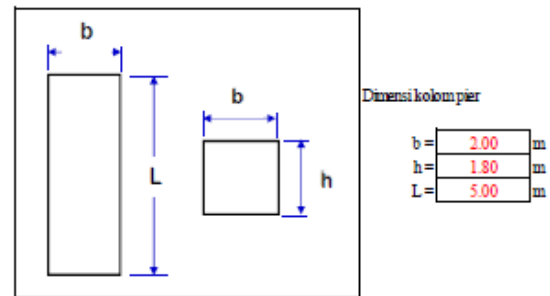


Gambar 7. Konsol Pendek

Dimensi untuk konsol pendek adalah:

Lebar, b	=	1000	mm
Tinggi total, H	=	2000	mm
Tinggi efektif, d	=	1925	mm
Tulangan utama	=	D32-125	
Tul. horisontal	=	D25-200	

4. Kolom *Pier*



Gambar 8. Dimensi Kolom *Pier* Sta. 0+400

Penulangan kolom pier adalah sebagai berikut:

Tulangan longitudinal	=	92 D 32
Tulangan geser	=	D16 – 150

5. Pondasi

Rekapitulasi perencanaan penulangan pondasi adalah sebagai berikut:

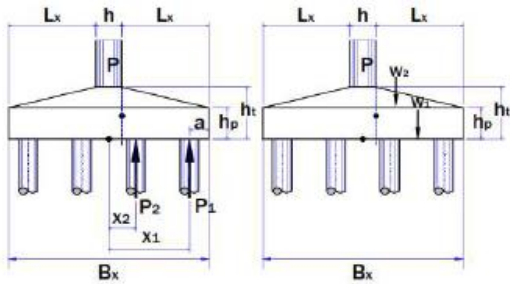
Tiang Pancang

Kebutuhan untuk 1 = 35 D 600 pilar

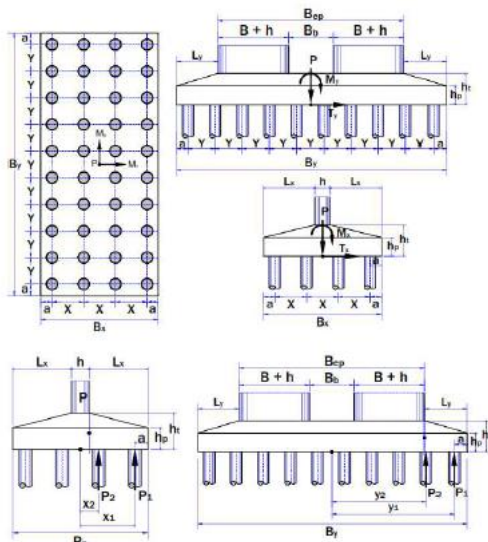
Kedalaman	=	13 m
Tulangan utama	=	18 D 22
Tulangan Geser	=	D13 -75

Pile Cap

Arah-x		
Tulangan lentur	=	D 32 – 200
Tulangan susut	=	D 25 – 200
Tulangan geser	=	D 25 – 200
Arah-y		
Tulangan lentur	=	D 32 – 150
Tulangan susut	=	D 25 – 150
Tulangan geser	=	D 25 – 400



Gambar 9. Pile Cap Arah-x



Gambar 10. Pile Cap Arah-y

Desain Struktur Fly Over Sta 0+750 Bentang 40 Meter

1. Struktur Balok Pier Head

Dari hasil analisa diperoleh dimensi balok sebagai berikut:

Lebar Balok	b	=	2000	mm
Tinggi balok	h	=	3650	mm
Selimit beton	d'	=	60	mm
Tinggi efektif	d	=	3590	mm

Rekapitulasi Penulangan Balok Pier Head

Sta. 0+750 adalah sebagai berikut:

Tumpuan

Tulangan tarik	A_{ST}	=	37 D 32
Tulangan tekan	A_{Sc}	=	22 D 32
Tulangan Badan	A_{SV}	=	12 D 32
Tulangan geser		=	D25 – 150

Lapangan

Tulangan tarik	A_{ST}	=	39 D 32
Tulangan tekan	A_{Sc}	=	23 D 32
Tulangan Badan	A_{SV}	=	15 D 32
Tulangan geser		=	D25 – 200

2. Struktur PCI Girder

Hasil perhitungan SAP menunjukkan reaksi (Vult) pada balok Girder sebesar 1567,56 kN. Desain elastomer seperti gambar

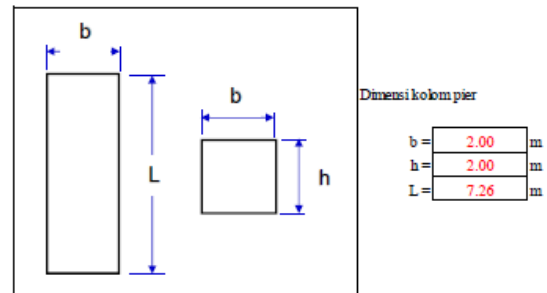
6. menggunakan tipe B dengan dimensi 300 x 400 x 57 dan kapasitas 2071 kN. Sedangkan panjang perletakan minimum untuk tumpuan girder dan perletakan elastomer sebesar 1000 mm.

3. Konsol Pendek untuk Tumpuan Girder

Desain konsol pendek seperti gambar 7., dengan dimensi sebagai berikut:

Lebar, b	=	1000	mm
Tinggi total, H	=	2200	mm
Tinggi efektif, d	=	2125	mm
Tulangan utama	=	D32-150	
Tul. horisontal	=	D25-200	

4. Kolom Pier



Gambar 11. Dimensi Kolom Pier Sta. 0+750

Penulangan kolom pier adalah sebagai berikut:

Tulangan longitudinal	=	100 D 32
Tulangan geser	=	D16 – 150

5. Pondasi

Rekapitulasi perencanaan penulangan pondasi adalah sebagai berikut:

Tiang Pancang

Kebutuhan untuk 1 pilar	=	50 D 600
Kedalaman	=	3 m
Tulangan utama	=	18 D 22
Tulangan Geser	=	D13 -75

Pile Cap

Arah-x

Tulangan lentur	=	D 32 – 150
Tulangan susut	=	D 25 – 200
Tulangan geser	=	D 19 – 400

Arah-y

Tulangan lentur	=	D 32 – 100
Tulangan susut	=	D 25 – 150
Tulangan geser	=	D 25 – 400
Panjang penyaluran	=	1000 mm

Desain Struktur Fly Over Sta 2+300 Bentang 20 dan 40 Meter

1. Struktur Balok Pier Head

Dari hasil analisa diperoleh penulangan balok pier head dimensi 2000x1500 sebagai berikut:

Tumpuan

Tulangan tarik	$A_{ST} = 31 \text{ D } 25$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 18 \text{ D } 25$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 10 \text{ D } 25$
Tulangan geser	$= \text{D22} - 150$

Lapangan

Tulangan tarik	$A_{ST} = 25 \text{ D } 25$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 15 \text{ D } 25$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 9 \text{ D } 25$
Tulangan geser	$= \text{D22} - 200$

Dari hasil analisa diperoleh penulangan balok *pier head* dimensi 2000x3500 sebagai berikut:

Tumpuan

Tulangan tarik	$A_{ST} = 36 \text{ D } 32$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 21 \text{ D } 32$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 12 \text{ D } 32$
Tulangan geser	$= \text{D25} - 150$

Lapangan

Tulangan tarik	$A_{ST} = 37 \text{ D } 32$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 22 \text{ D } 32$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 14 \text{ D } 32$
Tulangan geser	$= \text{D25} - 200$

2. Struktur PCI Girder

Hasil perhitungan SAP menunjukkan reaksi (Vult) pada balok Girder sebesar 1553,975 kN. Desain elastomer seperti gambar 6. menggunakan tipe B dengan dimensi 250 x 300 x 41 dan kapasitas 2071 kN. Sedangkan panjang perletakan minimum untuk tumpuan girder dan perletakan elastomer sebesar 800 mm dan 1000 mm.

3. Konsol Pendek

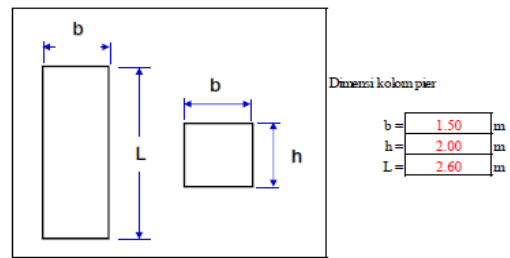
Desain konsol pendek untuk bentang 40 m seperti gambar 7., dengan dimensi sebagai berikut:

Lebar, b	$= 1000$	mm
Tinggi total, H	$= 2000$	mm
Tinggi efektif, d	$= 1925$	mm
Tulangan utama	$= \text{D32-150}$	
Tul. horisontal	$= \text{D25-250}$	

Desain konsol pendek untuk bentang 20 adalah sebagai berikut:

Lebar, b	$= 1000$	mm
Tinggi total, H	$= 1800$	mm
Tinggi efektif, d	$= 1725$	mm
Tulangan utama	$= \text{D25-150}$	
Tul. horisontal	$= \text{D25-500}$	

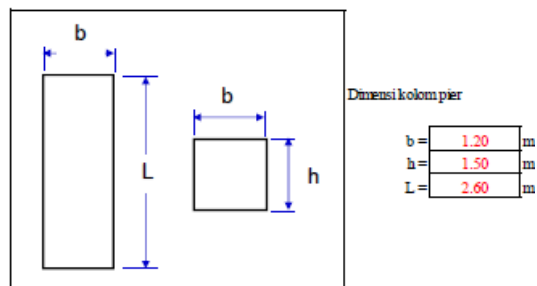
4. Kolom *Pier*



Gambar 12. Dimensi Kolom *Pier* Sta. 2+30 (1500 x 2000)

Penulangan kolom pier adalah sebagai berikut:

Tulangan longitudinal	$= 76 \text{ D } 32$
Tulangan geser	$= \text{D16} - 150$



Gambar 13. Dimensi Kolom *Pier* Sta. 2+30 (1500 x 1200)

Penulangan kolom pier adalah sebagai berikut:

Tulangan longitudinal	$= 48 \text{ D } 32$
Tulangan geser	$= \text{D16} - 150$

5. Pondasi

Rekapitulasi perencanaan penulangan pondasi adalah sebagai berikut:

Tiang Pancang bentang 40 m

Kebutuhan untuk 1 pilar	$= 40 \text{ D } 600$
Kedalaman	$= 3 \text{ m}$
Tulangan utama	$= 18 \text{ D } 22$
Tulangan Geser	$= \text{D13} - 75$

Tiang Pancang bentang 20 m

Kebutuhan untuk 1 pilar	$= 27 \text{ D } 600$
Kedalaman	$= 3 \text{ m}$
Tulangan utama	$= 18 \text{ D } 22$
Tulangan Geser	$= \text{D13} - 75$

Pile Cap Bentang 40 m

Arah-x	
Tulangan lentur	$= \text{D } 25 - 150$
Tulangan susut	$= \text{D } 25 - 300$
Tulangan geser	$= \text{D } 19 - 400$
Arah-y	
Tulangan lentur	$= \text{D } 32 - 150$
Tulangan susut	$= \text{D } 25 - 150$
Tulangan geser	$= \text{D } 19 - 400$
Panjang penyaluran	$= 1000 \text{ mm}$

Pile Cap Bentang 20 m

Arah-x		
Tulangan lentur	=	D 25 – 150
Tulangan susut	=	D 25 – 150
Tulangan geser	=	D 25 – 150
Arah-y		
Tulangan lentur	=	D 25 – 150
Tulangan susut	=	D 25 – 150
Tulangan geser	=	D 25 – 400
Panjang penyaluran	=	1000 mm

Desain Struktur Fly Over Sta 0+750 Bentang 30 Meter

1. Struktur *Balok Pier Head*

Dari hasil analisa diperoleh dimensi balok sebagai berikut:

Lebar Balok	b	=	2000	mm
Tinggi balok	h	=	3500	mm
Selimut beton	d'	=	50	mm
Tinggi efektif	d	=	3450	mm

Rekapitulasi Penulangan Balok *Pier Head* Sta. 0+750 bentang 30 m adalah sebagai berikut:

Tumpuan

Tulangan tarik	A _{ST}	=	38 D 32
Tulangan tekan	A _{Sc}	=	23 D 32
Tulangan Badan	A _{SV}	=	16 D 32
Tulangan geser		=	D19 – 150

Lapangan

Tulangan tarik	A _{ST}	=	38 D 32
Tulangan tekan	A _{Sc}	=	23 D 32
Tulangan Badan	A _{SV}	=	16 D 32
Tulangan geser		=	D19 – 150

2. Struktur PCI *Girder*

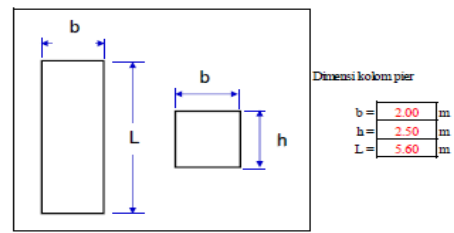
Hasil perhitungan SAP menunjukkan reaksi (Vult) pada balok Girder sebesar 1155,1 kN. Desain elastomer seperti gambar 6. menggunakan tipe B dengan dimensi 300 x 400 x 57 dan kapasitas 2071 kN. Sedangkan panjang perletakan minimum untuk tumpuan girder dan perletakan elastomer sebesar 800 mm.

3. Konsol Pendek untuk Tumpuan Girder

Desain konsol pendek seperti gambar 7., dengan dimensi sebagai berikut:

Lebar, b	=	1000	mm
Tinggi total, H	=	1250	mm
Tinggi efektif, d	=	1175	mm
Tulangan utama	=	D25-150	
Tul. horisontal	=	D19-150	

4. Kolom *Pier*



Gambar 14. Dimensi Kolom *Pier* Sta. 0+750 bentang 30 meter

Penulangan kolom *pier* adalah sebagai berikut:

Tulangan longitudinal	=	125 D 32
Tulangan geser	=	D16 – 150

5. Pondasi

Rekapitulasi perencanaan penulangan pondasi adalah sebagai berikut:

Tiang Pancang

Kebutuhan untuk 1 = 24 D 600 pilar

Kedalaman	=	3 m
Tulangan utama	=	18 D 22
Tulangan Geser	=	D13 -75

Pile Cap

Arah-x		
Tulangan lentur	=	D 32 – 200
Tulangan susut	=	D 25 – 200
Tulangan geser	=	D 16 – 450
Arah-y		
Tulangan lentur	=	D 32 – 150
Tulangan susut	=	D 25 – 150
Tulangan geser	=	D 16 – 500
Panjang penyaluran	=	1000 mm

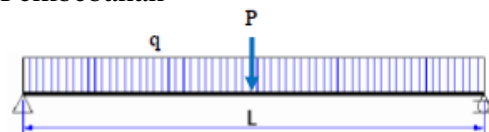
Desain Struktur Full Slab/ Pelat Precast

1. Dimensi Pelat

Dimensi struktur pelat *precast* adalah sebagai berikut:

Panjang	L	=	5.00	m
Lebar	b	=	2.25	m
Panjang bersih	ln	=	5.00	m
Tebal	t _p	=	40.00	cm

2. Pembebanan



Gambar 15. Beban Kombinasi Pelat
Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah:

1. Kombinasi Kuat 1 = 1.2 Q_{MS.S} + 2 Q_{MAS} + 1.8 P_{KEL} + 1.8 Q_D

$$2. \text{ Kombinasi Kuat } 2 = 1.2 Q_{MS.S} + 2 Q_{MAS} + 1.8 P_{TT}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh:

$M_{komb.1}$	Mu_1	=	58719.38	kg.m
$V_{komb.1}$	Vu_1	=	46975.50	kg
$M_{komb.2}$	$Mu.2$	=	83475.00	kg.m
$V_{komb.2}$	$Vu.2$	=	66780.00	kg

3. Penulangan saat kondisi pengangkatan

Penulangan plat arah-x akibat pengangkatan menggunakan tulangan D13-150

Penulangan plat arah-y akibat pengangkatan menggunakan tulangan D13-150



Gambar 16. Penulangan Plat Arah-y Akibat Pengangkatan

Kontrol kapasitas penampang menunjukkan bahwa tahanan momen plat lebih besar daripada M_{ult} . Kontrol persyaratan penulangan plat pracetak terhadap geser dan retak, serta kontrol tegangan akibat pengangkatan terpenuhi.

Tulangan untuk angkur menggunakan tulangan diameter 13 mm, berdasarkan perhitungan maka lendutan yang terjadi sebesar 0,43325 mm dimana nilai ini lebih kecil daripada lendutan ijin yaitu sebesar 20.833 mm.

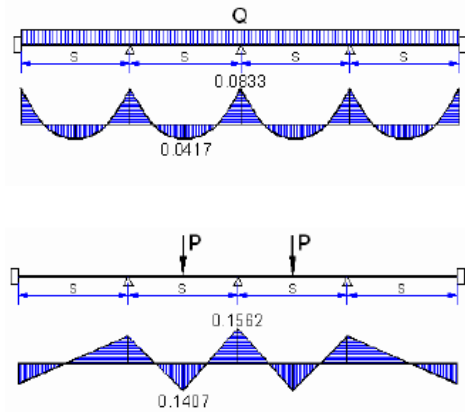
4. Penulangan Saat Kondisi Beban Ultimit Tumpuan Sederhana

Penulangan setelah komposit arah-x menggunakan tulangan utama D13 – 150 mm. Sedangkan penulangan setelah komposit arah-y menggunakan tulangan utama D22 – 100 mm. Kontrol kapasitas penampang menunjukkan tahanan nominal pelat lebih besar dari M_u , sehingga penampang aman.

Tulangan susut menggunakan tulangan D19 – 200 mm dan tulangan geser menggunakan tulangan D13 – 150 mm.

Kontrol terhadap retak dan lendutan menunjukkan penampang masih memenuhi batas ijin

5. Penulangan Kondisi Saat Beban Ultimit Tumpuan Monolit



Gambar 17. Konfigurasi Pembebanan dengan Tumpuan Monolit (s = 6 meter)

Dari hasil analisa diperoleh tulangan utama pelat arah-y D 22 – 100, tulangan susut D19-200, dan tulangan geser D13 – 150.

Desain Struktur Slab On Pile Sta. 0+250 – Sta. 0+300

1. Penentuan Elastomer

Berdasarkan hasil perhitungan SAP, gaya geser yang berkerja pada *full slab* sebesar 289,78 kN. $P_{bearing}$ sebesar 514,78 kN. Maka digunakan elastomer sebagai berikut:

Tipe	=	B
Dimensi	=	150 x 300 x 41
Kapasitas	=	607 kN

2. Penentuan Tiang Pancang

Kebutuhan tiang pancang hasil perhitungan beban adalah:

Kebutuhan 1 pilar	=	10 D 600
Kedalaman	=	3 m
Tulangan utama	=	18 D 22
Tulangan Geser	=	D13 -75
Panjang penyaluran	=	1000

3. Penulangan Balok Pile Head

Dari hasil analisa diperoleh dimensi balok sebagai berikut:

Lebar Balok	b	=	2000	mm
Tinggi balok	h	=	3500	mm
Selimit beton	d'	=	50	mm
Tinggi efektif	d	=	3450	mm

Rekapitulasi Penulangan Balok *Pier Head* Sta. 0+250 – Sta. 0+300 (PH.1400.600 dan PH.1100.600) adalah sebagai berikut:

<i>Tumpuan</i>	
Tulangan tarik	A_{ST} = 38 D 32
Tulangan tekan	A_{Sc} = 23 D 32

Tulangan Badan	$A_{SV} = 16 D 32$
Tulangan geser Lapangan	$= D19 - 150$
Tulangan tarik	$A_{ST} = 38 D 32$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 23 D 32$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 16 D 32$
Tulangan geser	$= D19 - 150$

Tulangan tarik	$A_{ST} = 9 D 22$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 5 D 22$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 4 D 22$
Tulangan geser Lapangan	$= D16 - 150$
Tulangan tarik	$A_{ST} = 9 D 22$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 5 D 22$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 4 D 22$
Tulangan geser	$= D16 - 200$

Desain Struktur Slab On Pile Sta 1+000 – Sta 2+250

1. Penentuan Elastomer

Berdasarkan hasil perhitungan SAP, gaya geser yang berkerja pada *full slab* sebesar 339,85 kN. $P_{bearing}$ sebesar 564,85 kN. Maka digunakan elastomer sebagai berikut:

Tipe	$= B$
Dimensi	$= 150 \times 300 \times 41$
Kapasitas	$= 607 \text{ kN}$

2. Penentuan Tiang Pancang

Kebutuhan tiang pancang hasil perhitungan beban adalah:

Kebutuhan 1 pilar	$= 10 D 600$
Kedalaman	$= 27 \text{ m}$
Tulangan utama	$= 18 D 22$
Tulangan Geser	$= D13 -75$
Panjang penyaluran	$= 1000$

3. Penulangan Balok Pile Head

Dari hasil analisa diperoleh dimensi balok sebagai berikut:

Lebar Balok	$b = 1400 \text{ mm}$
Tinggi balok	$h = 600 \text{ mm}$
Selimit beton	$d' = 50 \text{ mm}$
Tinggi efektif	$d = 550 \text{ mm}$

Rekapitulasi penulangan balok *Pier Head* Sta. 1+000 – Sta. 2+250 (PH.1400.600) adalah sebagai berikut:

<i>Tumpuan</i>	
Tulangan tarik	$A_{ST} = 11 D 22$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 6 D 22$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 4 D 22$
Tulangan geser	$= D16 - 150$

<i>Lapangan</i>	
Tulangan tarik	$A_{ST} = 11 D 22$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 6 D 22$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 4 D 22$
Tulangan geser	$= D16 - 150$

Sedangkan penulangan balok *Pier Head* Sta. 1+000 – Sta. 2+250 (PH.600.1100) adalah sebagai berikut:

Tumpuan

Desain Struktur Slab On Pile Sta 0+950

1. Penentuan Elastomer

Berdasarkan hasil perhitungan SAP, gaya geser yang berkerja pada *full slab* adalah sebesar 289,78 kN. $P_{bearing}$ sebesar 514,78 kN. Maka digunakan elastomer sebagai berikut:

Tipe	$= B$
Dimensi	$= 150 \times 100 \times 41$
kapasitas	$= 607 \text{ kN}$

2. Penentuan Tiang Pancang

Kebutuhan tiang pancang hasil perhitungan beban adalah:

Kebutuhan 1 pilar	$= 10 D 600$
Kedalaman	$= 3 \text{ m}$
Tulangan utama	$= 18 D 22$
Tulangan Geser	$= D13 -75$
Panjang penyaluran	$= 1000$

3. Penulangan Balok Pile Head

Dari hasil analisa diperoleh dimensi balok sebagai berikut:

Lebar Balok	$b = 1400 \text{ mm}$
Tinggi balok	$h = 600 \text{ mm}$
Selimit beton	$d' = 50 \text{ mm}$
Tinggi efektif	$d = 550 \text{ mm}$

Rekapitulasi penulangan balok *Pier Head* Sta. 0+950 (PH.1400.600) adalah sebagai berikut:

<i>Tumpuan</i>	
Tulangan tarik	$A_{ST} = 13 D 22$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 7 D 22$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 4 D 22$
Tulangan geser	$= D16 - 150$

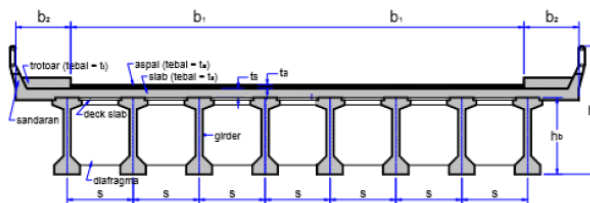
<i>Lapangan</i>	
Tulangan tarik	$A_{ST} = 13 D 22$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 7 D 22$
Tulangan Badan	$A_{SV} = 4 D 22$
Tulangan geser	$= D16 - 200$

Sedangkan penulangan balok *Pier Head* Sta. 0+950 (PH.1100.600) adalah sebagai berikut:

<i>Tumpuan</i>	
Tulangan tarik	$A_{ST} = 11 D 22$
Tulangan tekan	$A_{Sc} = 6 D 22$

Tulangan Badan	A_{SV}	=	4 D 22
Tulangan geser		=	D16 – 150
<i>Lapangan</i>			
Tulangan tarik	A_{ST}	=	11 D 22
Tulangan tekan	A_{Sc}	=	6 D 22
Tulangan Badan	A_{SV}	=	4 D 22
Tulangan geser		=	D16 – 200

Desain Pelat Lantai Fly Over



Gambar 18. Potongan Melintang Pelat Lantai Jembatan

Berdasarkan hasil perhitungan SAP dan Analisa, direncanakan tebal pelat (h) sebesar 250 mm dengan selimut beton (d') sebesar 40 mm dengan penulangan pelat jembatan sebagai berikut:

Tul. Lentur Tump.	=	D 19 – 100
Tul. Susut Lentur Tump.	=	D 19 – 200
Tul. Lentur Lap.	=	D 19 – 100
Tul. Susut Lentur Lap.	=	D 19 – 200

Hasil perhitungan lendutan pada pelat sebesar 2,152 mm. nilai ini lebih kecil dari lendutan ijin pelat sebesar 2,3125. Tegangan geser pons juga memenuhi batas tegangan gese ijin, sehingga desain pelat memenuhi faktor keamanan.

Kesimpulan

Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain *fly over* meliputi desain balok pier head, dengan dimensi bervariasi sesuai sta. yang direncanakan, dengan tulangan utama D32 dan tulangan geser D25. Elastomer yang digunakan tipe B dengan dimensi sesuai kebutuhan. Tulangan utama kolom pier D32, tulangan geser D16. Untuk tulangan utama tiang pancang D600 dengan tulangan utama D22 dan tulangan geser D13, sedangkan untuk *pile*, tulangan utama D32, tulangan geser D25. Jumlah tulangan sesuai hasil perhitungan dan analisa.

2. Desain pelat jembatan terdiri dari *full slab* dengan lebar 2,25 m dan panjang 5m. Untuk kondisi pengangkatan dan beban ultimit menggunakan tulangan utama D13. Sedangkan saat struktur komposit dan ultimit tumpuan monolit digunakan tulangan utama D22. Untuk desain *slab on pile*, menggunakan elastomer tipe B dimensi 150x300x41. Tiang pancang tipe C (D 600), tulangan utama D22, dan tulangan geser D13. Penulangan *pile head* menggunakan D32 dan D22 sedangkan tulangan geser D19 dan D16. Desain pelat lantai *fly over* menggunakan tulangan utama D19.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1752:2016. Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. *RSNI2 2933-201X. Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*. Jakarta.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* Jilid 1. Erlangga, Jakarta.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (PUSJATAN). 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017 untuk Jembatan*. <http://petagempa.pusjatan.pu.go.id/>.

