

PERENCANAAN ULANG PEMBANGUNAN JALAN LAYANG BOX GIRDER JALAN AKSES BANDARA JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

Salimur Rizqa¹, Armin Naibaho², Susapto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang², Dosen Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang³

Email: salimur97@gmail.com¹, ar_naibaho@yahoo.co.id², otpasus@yahoo.com³

ABSTRAK

Kemacetan sering terjadi di beberapa titik kota Semarang, salah satunya di wilayah jalan Anjasmoro yang merupakan jalan akses lingkungan yang digunakan untuk akses menuju Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang sepanjang 1200 meter yang akan diubah menjadi jalan layang pada skripsi ini diambil sepanjang 750 meter. Pada skripsi ini penulis merencanakan ulang struktur atas jalan layang dengan tipe single cell box girder yang pada proyek sebelumnya menggunakan U-Girder, dengan perencanaan pembebanan mengikuti peraturan SNI 1725-2016, perhitungan pembebanan struktur atas menggunakan software Excel 2013, dan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan software Excel 2013 yang mengacu kepada Peraturan Walikota Semarang Nomor 35 Tahun 2019. Dari hasil perencanaan ulang ini digunakan penampang box girder dengan lebar total 12.8 meter (dengan lebar trotoar 2 x 1 meter dan lantai kendaraan 10.8 meter) dengan bentang 50 meter tiap span. Menggunakan tendon VSL ASTM A 416-06 Grade 270 sejumlah 16 biji dengan masing-masing tendon menggunakan 5 strand. Penulangan plat atas digunakan D16-277, plat dinding tepi digunakan D16-268, dan plat bawah digunakan D16-402.

Kata kunci: Perencanaan Ulang, Jalan Layang, Single Cell Box Girder, Tendon, Metode Pelaksanaan

ABSTRACT

Congestion often occurs in several points of the city of Semarang, one of which is in the Anjasmoro road area which is an environmental access road used for access to the General Ahmad Yani Airport in Semarang, which is 1200 meters long which will be converted into an overpass in this thesis taken along 750 meters. In this thesis the author re-planned the structure of the overpass with the type of single cell box girder which in the previous project used U-Girder, with the planning of loading following SNI 1725-2016, calculating the imposition of the upper structure using Excel 2013 software, and calculating the Budget Plan (Cost Budgeting (RAB) uses Excel 2013 software that refers to Semarang Mayor Regulation Number 35 Year 2019. From the results of this re-planning, a cross section of box girder with a total width of 12.8 meters (with a width of 2 x 1 meter sidewalk and a vehicle floor of 10.8 meters) with a span of 50 meters per span. Using ASTM A 416-06 Grade 270 VSL tendon with a total of 16 seeds with each tendon using 5 strands. Reinforcement of the upper plate is used D16-277, the edge wall plate is used D16-268, and the bottom plate is used D16-402.

Keywords: Re-planning, Flyover, Single Cell Box Girder, Tendon, method of implementation

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman kota Semarang kini semakin berkembang dengan pesat. Kemacetan sering terjadi di beberapa titik kota Semarang. Salah satunya di wilayah jalan Anjasmoro – Semarang. Jalan Anjasmoro merupakan jalan akses lingkungan yang digunakan untuk akses menuju Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang, sehingga perlu ditingkatkan menjadi jalan akses menuju Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.

Jalan akses Bandara Ahmad Yani Semarang memiliki tantangan medan yaitu adanya rel kereta api, sehingga jalan akses dibuat jalan layang.

Jalan layang adalah jalan yang dibangun tidak sebidang melayang menghindari daerah/kawasan yang selalu menghadapi permasalahan kemacetan lalu lintas, melewati persilangan kereta api untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas dan efisiensi.

Pembangunan jalan layang dimulai dari Jalan Anjasmoro melintasi Jalan Arteri Yos Sudarso membentang hingga Jalan Madukoro. Adanya jalan

layang sepanjang 1.200meter dan lebar 8,5meter itu, mampu menyeterilkan akses bandara dengan menghilangkan akses internal. Tahap konstruksi dalam pembangunan jalan layang ini sudah mencapai 258m.

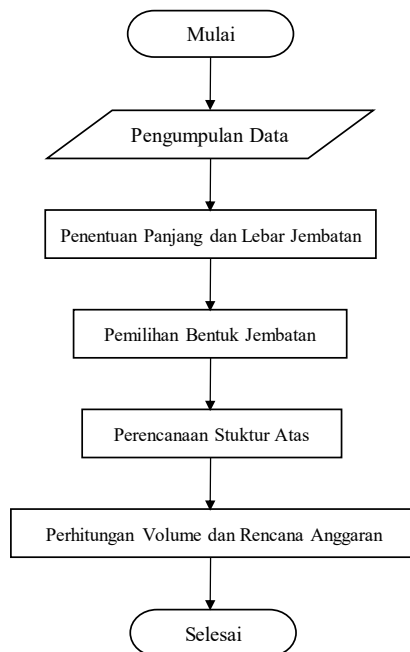
Jalan layang jalan akses Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang ini sedang dibangun dalam tipe jembatan U-Girder. U-Girder yang digunakan adalah U Girder dengan tinggi 1.85m dan Panjang bentang satu span 42m.

Pada skripsi ini penulis akan menggunakan box girder. Box-Girder yang digunakan adalah single trapezional cell box girder dengan tinggi 2.4m dan Panjang bentang satu span 50m.

Sehingga penulis dalam skripsi ini mengajukan judul “Perencanaan Ulang Pembangunan Jalan Layang Box Girder Akses Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang”.

2. METODE

Bagan alir perencanaan jembatan



Gambar 1. Bagan Alir Perencanaan Ulang Pembangunan Jalan Layang Box Girder Jalan Akses Bandara Jenderal Ahmad Yani Semarang

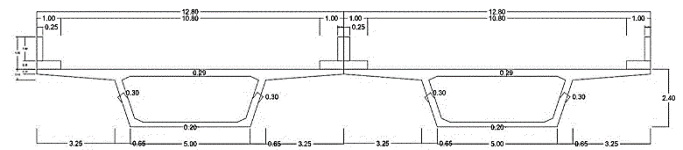
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Section Properties Box Girder

Section properties dibutuhkan untuk mengetahui analisa penampang box girder. Section properties diperoleh dari perhitungan berdasarkan data berikut dan gambar 2. Section properties dapat dilihat pada Tabel 1.

Panjang Jalan Layang : 750 m
 Bentang Antar Pilar : 50 m
 Lebar Jembatan : 12.8 m
 Jumlah jalur : 2 jalur
 Tipe jembatan : Box Girder
 Box girder : Beton K-600

Tendon : Tendon VSL ASTM A 416-06 Grade 270



Gambar 2. Perencanaan Box Girder

Sumber: Caiqian Yang, Zhishen Wu dan Yufeng Zhang *Smart Materials and Structures*, Volume 17, Number 3

Tabel 1. Section properties

Keterangan	Box Girder	Satuan
A	6.332	m ²
y _a	0.763	m
y _b	1.637	m
I	4.854	m ⁴
K _a	0.468	m ²
K _b	1.004	m ²
W _a	6.359	m ³
W _b	2.966	m ³

Sumber: Hasil Analisis

Pembebanan Pada Jembatan

Balok girder merupakan komponen struktur yang menerima beban kombinasi, baik beban tetap maupun beban dinamis. Dalam hal ini digunakan acuan pembebanan pada balok tengah, karena pada balok tengah menerima beban lebih besar dibandingkan beban yang diterima bagian tepi balok. hasil pembebanan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Beban Pada Jembatan

Beban Tetap	kNm
MS	232.744
MA	36.444
Beban Dinamis	
TD	149.904
TP	10.000
TT	35.714
TB	56.250
EW	0.007

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3. Momen Box Girder Pada Tengah Bentang

Beban Tetap	kNm	kNm
M _{MS}	72732.469	
M _{MA}	11389.240	
Beban Dinamis		
M _{TD}		6790.463
M _{TP}		3125.000
M _{TT}		11160.714
M _{TB}		101.250
M _{EW}		2.196
Momen Total		

MG	84121.709
MT	105301.332

Sumber: Hasil Analisis

Perhitungan Prategang

Pada perencanaan ini jenis kabel yang digunakan uncoated 7 wire super strands, ASTM A-416-06 grade 270, 5” dengan spesifikasi diameter standar 12.7 mm, effective section area (Ast) 98.7 mm² dan breaking load 1102 kN. hasil perhitungan prategang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tegangan Pada Beton Prategang

Keterangan	Nilai	Satuan
MG	84121.709	kNm
MT	105301.332	kNm
F	67500.854	kN
F ₀	84376.068	kN
As	2701.871	cm ²

Sumber: Hasil Analisis

Dari perhitungan tegangan diperoleh jumlah tendon yang digunakan sebanyak 16 biji.

Penentuan Daerah Aman Dan Tata Letak Tendon

Daerah aman tendon dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Daerah Aman Tendon

Jarak (m)	a ₁ (cm)	a ₂ (cm)	a ₃ (cm)	a ₄ (cm)
0	0.000	0.000	0.000	1.310
1	6.468	8.085	9.352	13.005
2	12.672	15.840	18.321	24.221
3	18.612	23.265	26.909	34.960
4	24.288	30.360	35.115	45.222
5	29.700	37.125	42.939	55.007
6	34.848	43.560	50.382	64.315
7	39.732	49.665	57.443	73.145
8	44.352	55.440	64.122	81.497
9	48.708	60.885	70.420	89.373
10	52.800	66.000	76.336	96.771
11	56.628	70.785	81.870	103.692
12	60.192	75.240	87.023	110.136
13	63.492	79.366	91.794	116.102
14	66.528	83.161	96.183	121.591
15	69.300	86.626	100.190	126.602
16	71.808	89.761	103.816	131.137
17	74.052	92.566	107.061	135.194
18	76.032	95.041	109.923	138.774
19	77.749	97.186	112.404	141.876
20	79.201	99.001	114.503	144.501
21	80.389	100.486	116.221	146.649
22	81.313	101.641	117.557	148.320
23	81.973	102.466	118.511	149.513
24	82.369	102.961	119.083	150.229
25	82.501	103.126	119.274	150.468

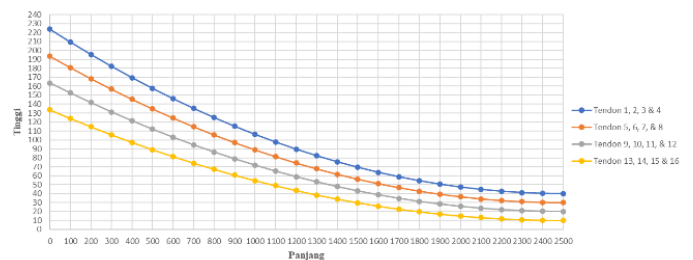
Sumber: Hasil Analisis

Tata letak tendon pada perencanaan jalan layang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Tata letak tendon

Jarak (cm)	Tendon 1, 2, 3 & 4 (cm)	Tendon 5, 6, 7, & 8 (cm)	Tendon 9, 10, 11, & 12 (cm)	Tendon 13, 14, 15 & 16 (cm)
0	223.661	193.661	163.661	133.661
100	209.262	180.830	152.398	123.966
200	195.451	168.523	141.595	114.667
300	182.227	156.739	131.251	105.763
400	169.591	145.479	121.367	97.255
500	157.543	134.743	111.943	89.143
600	146.083	124.531	102.979	81.427
700	135.210	114.842	94.474	74.106
800	124.925	105.677	86.429	67.181
900	115.228	97.036	78.844	60.652
1000	106.118	88.918	71.718	54.518
1100	97.596	81.324	65.052	48.780
1200	89.662	74.254	58.846	43.438
1300	82.316	67.708	53.100	38.492
1400	75.557	61.685	47.813	33.941
1500	69.386	56.186	42.986	29.786
1600	63.802	51.210	38.618	26.026
1700	58.807	46.759	34.711	22.663
1800	54.399	42.831	31.263	19.695
1900	50.579	39.427	28.275	17.123
2000	47.346	36.546	25.746	14.946
2100	44.702	34.190	23.678	13.166
2200	42.645	32.357	22.069	11.781
2300	41.175	31.047	20.919	10.791
2400	40.294	30.262	20.230	10.198
2500	40.000	30.000	20.000	10.000

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 3. Diagram Tata letak Tendon

Sumber: Hasil Analisis

Kontrol Prategang

Kontrol prategang adalah total dari kontrol kehilangan gaya prategang, kehilangan akibat rangkai beton, kehilangan akibat susut beton, kehilangan akibat relaksasi baja.

Tabel 7. Kontrol Prategang

Keterangan	Nilai	Batas	Satuan
------------	-------	-------	--------

ES	9.044		kN/cm ²
CR	25.917		kN/cm ²
SH	0.005		kN/cm ²
RE	1.576		kN/cm ²
Total			
TL	36.542		kN/cm ²
%TL	5.528	20	%

Sumber: Hasil Analisis

Kontrol Tegangan

Kontrol tegangan terdiri dari Kondisi awal, Kondisi setelah kehilangan prategang, Kondisi setelah beban hidup bekerja, Kondisi saat pengangkatan.

Tabel 8. Kontrol Tegangan Pada Tengah Bentang (25m)

Keterangan	Nilai	Batas	Satuan
Kondisi awal			
fa	-5.244	28	MPa
fb	-58.487	3.16	MPa
Kehilangan prategang			
fa	-4.403	28	MPa
fb	-46.345	3.16	MPa
Beban hidup bekerja			
fa	-4.808	28	MPa
fb	-45.477	3.16	MPa
Pengangkatan			
fa	-4.262	28	MPa
fb	-46.646	3.16	MPa

Sumber: Hasil Analisis

Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan terdiri dari lendutan sesaat dan lendutan jangka Panjang. Lendutan sesaat dan lendutan jangka panjang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 9. Kontrol Lendutan

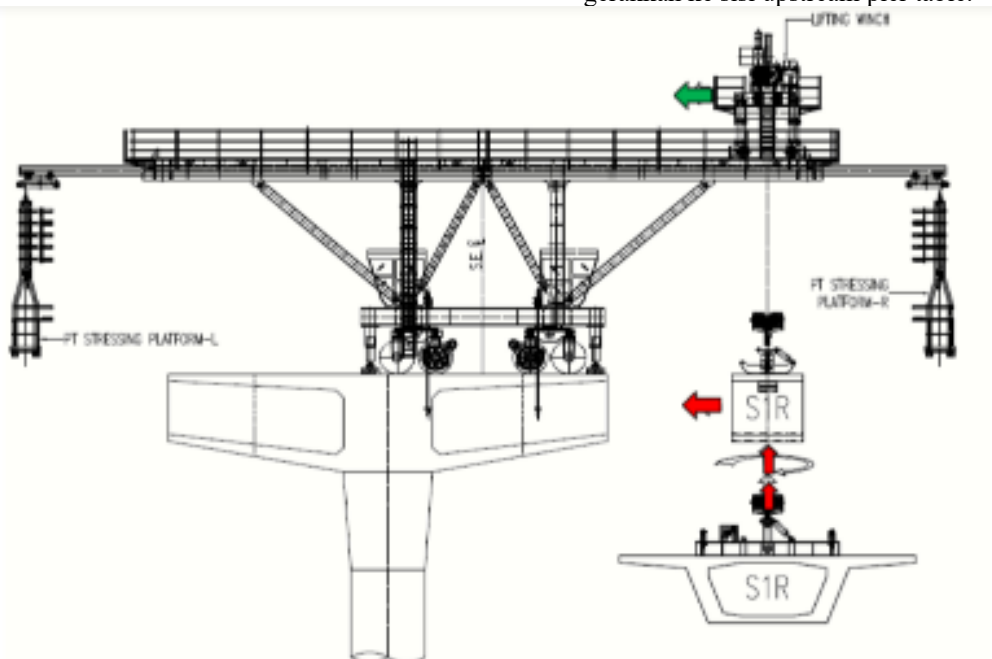
Keterangan	Nilai	Batas	Satuan
Lendutan sesaat			
α	-0.604	20.833	cm
Lendutan jangka Panjang			
α	-1.251	20.833	cm

Sumber: Hasil Analisis

Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan struktur atas pembangunan jalan layang single trapezional cell box girder akses bandara jenderal ahmad yani semarang menggunakan Special Lifting Frame (SLF) dengan tahapan sebagai berikut:

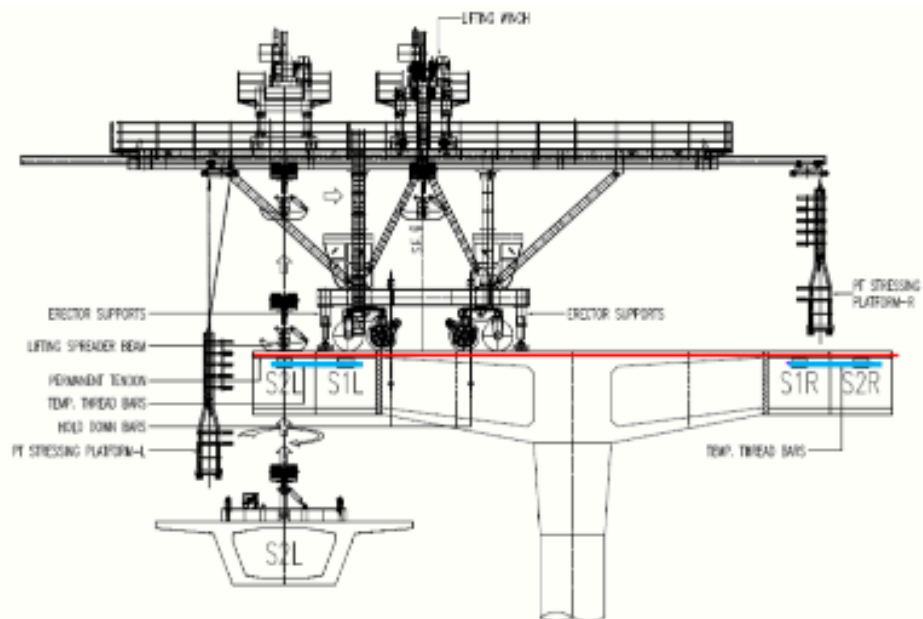
- Sebelum special lifter frame diletakkan diatas pier table dilakukan assembly dibawah. Setelah terangkai sempurna, SLF diangkat menggunakan crane ke atas pier table.
- Ketika posisi lifting frame sudah terpasang diatas pier table, setting SLF dalam mode erection. Lifting Spreader Beam dirangkai di atas box precast, alat tersebut siap untuk mengangkat box girder. Pengangkatan pada satu sisi dengan menggunakan schedule beam sehingga elevasi box girder dapat diketahui.
- Pengangkatan box precast segmen pertama. Box precast diangkat setinggi alat SLF kemudian putar hingga sejajar dengan SLF dan tempatkan box pada center SLF. Ubah SLF menjadi driving mode dan gerakkan ke sisi upstream pier table.



Gambar 4. Mengangkat box segmen 1 sisi upstream

Sumber: Balai Penerapan Teknologi Konstruksi Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Penerapan Teknologi Konstruksi in build Knowledge Management

- d. Tempatkan box segmen 1 pada posisi di atas pier table. Ubah SLF menjadi erection mode. Turunkan box segmen 1 pada posisi di samping pier table. Tahan box segmen 1 dengan temporary holding beam. Setelah holding beam terpasang disatu sisi upstream, arahkan SLF ke arah downstream untuk persiapan mengangkat kembali box segmen 1 di sisi downstream sehingga jembatan menjadi balance.
- e. Ubah SLF menjadi Driving Mode, gerakan ke sisi downstream. Ubah SLF menjadi Erection Mode dan lakukan pengangkatan segmen 1 pada sisi downstream hingga setinggi SLF, putar dan letakkan pada center SLF. Geser SLF pada sisi pier table downstream. Ubah SLF kembali pada erection mode, turunkan box segmen 1 downstream pada posisinya dan kunci dengan temporary holdiung beam.
- f. Setelah box segmen terpasang pada sisi upstream dan downstream sempurna. Dilakukan pembesian dan pengecoran pada wide join (stitch) untuk proses menyambungkan cast insitu dari pada pier cable dengan precast box girder. Setelah wide joint mengeras, dilakukan stressing tendon permanen sehingga menjadi satu kesatuan.
- g. Setelah itu proses selanjutnya adalah dilakukan grouting lubang tendon sehingga struktur dianggap balanced cantilever yang utuh. Setelah semua sudah sempurna, Kemudian bisa melakukan pemasangan segmen selanjutnya pada sisi upstream S2R
- h. Menaruh segmen pada center special lifter kemudian merubah special lifter menjadi driving mode dan bergerak ke sisi kanan. Erection mode digunakan untuk proses pengangkatan sedangkan driving mode dilakukan untuk proses pergerakan SLF.
- i. Merubah kembali ke erection mode, menurunkan segment dari center lifter dan pasangkan stress bar segment untuk menahan daripada segment sementara.
- j. Gerakkan special lifter ke sisi kiri dan mengangkat segment kedua dan pasangkan ke segment pertama dengan memasang temporary stress bar. Pasang tendon permanent.



Gambar 5. Mengangkat segment kedua dan letakkan pada posisinya, kunci dengan temporary stress bar

Sumber: Balai Penerapan Teknologi Konstruksi Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Penerapan Teknologi Konstruksi in build Knowledge Management

- k. Lakukan stressing tendon antar segmen hingga menjadi satu kesatuan yang utuh. Ulangi langkah-langkah tersebut.
- 4. KESIMPULAN**
1. Pembebanan yang terjadi pada perencanaan box girder adalah Berat sendiri 232.744 kN/m, berat beban mati tambahan 36.444 kN/m, berat beban lajur D (TD) yang terdiri dari beban terbagi rata (BTR) 15.733 kN/m, beban garis terpusat (BGT) 149.904 kN/m, beban pejalan kaki (TP) 10 kN/m, beban truk "T" 35.714 kN/m, beban rem (TB) 56.25 kN, dan gaya angin kendaraan (Ewi) 7.028 kN/mm.
 2. Merencanakan struktur atas pembangunan jalan layang *single trapezional cell box girder* akses bandara jenderal ahmad yani semarang dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:
 - a. Perhitungan momen terbesar dari setiap jenis beban, dengan nilai beban yang diperoleh

sebagai berikut M_{MS} 72732.469 kNm, M_{MA} 11389.240 kNm, M_{TD} 6790.463 kNm, M_{TP} 3125.00 kNm, M_{TT} 11160.714 kNm, M_{TB} 101.250 kNm, M_{EW} 822.625 kNm dan momen dari beban mati (MG) sebesar 84121.709 kNm, serta momen dari total setiap pembebanan (MT) sebesar 106121.761 kNm.

- b. Momen yang telah diketahui digunakan untuk menentukan jenis dan jumlah tendon yang digunakan. Digunakan jenis tendon VSL ASTM A 416-06 Grade 270 sejumlah 16 tendon
- c. Setelah pemilihan jenis tendon yang digunakan dihitung penempatan posisi tendon. posisi tendon ditempatkan pada titik sebagai berikut
 - pada titik ujung box girder
Tendon 1, 2, 3 & 4 pada ketinggian 223.661 cm, Tendon 5, 6, 7, & 8 pada ketinggian 193.661 cm, Tendon 9, 10, 11, & 12 pada ketinggian 163.661 cm, Tendon 13, 14, 15 & 16 pada ketinggian 133.661 cm.
 - pada tengah bentang box girder
Tendon 1, 2, 3 & 4 pada ketinggian 40 cm, Tendon 5, 6, 7, & 8 pada ketinggian 30 cm, Tendon 9, 10, 11, & 12 pada ketinggian 20 cm, Tendon 13, 14, 15 & 16 pada ketinggian 10 cm.
- d. Kontrol prategang pada perencanaan box girder, diperoleh nilai kehilangan prategang sebesar $5.528 < 20$ yang dinilai aman.
- e. Kontrol tegangan yang terjadi, tegangan ditinjau pada beberapa kondisi berikut:
 - Kontrol Tegangan pada kondisi awal pada tengah bentang (25m) (fa) < (f) yaitu $-5.244 \text{ MPa} < 28 \text{ MPa}$ dan (fb) < (f) yaitu $-58.487 \text{ MPa} < 3.16 \text{ MPa}$
 - Kontrol Tegangan pada kondisi setelah kehilangan gaya prategang pada tengah bentang (25 m) (fa) < (f) yaitu $-4.403 \text{ MPa} < 28 \text{ MPa}$ dan (fb) < (f) yaitu $-46.345 \text{ MPa} < 3.16 \text{ MPa}$
 - Kontrol Tegangan pada kondisi setelah beban hidup bekerja pada tengah bentang (25m) (fa) < (f) yaitu $-4.808 \text{ MPa} < 28 \text{ MPa}$ dan (fb) < (f) yaitu $-45.477 \text{ MPa} < 3.16 \text{ MPa}$
 - Kontrol Tegangan pada kondisi pengangkatan pada tengah bentang (25m) (fa) < (f) yaitu $-4.262 \text{ MPa} < -28 \text{ MPa}$ dan (fb) < (f) yaitu $-46.646 \text{ MPa} < 3.16 \text{ MPa}$.
- f. Kontrol lendutan, kontrol ditinjau pada kondisi lendutan sesaat (α) < $\alpha_{\text{Berat sendiri}} + \alpha_{\text{Gaya prategang}}$ sebesar $-0.604 \text{ cm} < 20.833 \text{ cm}$ dan lendutan jangka panjang (α) < $\alpha_{\text{Berat sendiri}} + \alpha_{\text{Gaya prategang}} + \alpha_{\text{Beban hidup}}$ sebesar $-1.251 \text{ cm} < 20.833 \text{ cm}$

3. Metode pelaksanaan struktur atas pembangunan jalan layang *single trapezional cell box girder* akses bandara jenderal ahmad yani semarang

menggunakan Special Lifting Frame (SLF) dengan tahapan sebagai berikut:

- a. SLF dirangkai di bawah dan diangkat menggunakan crane ke atas pier table
- b. Angkat box precast segmen pertama tempatkan box pada center SLF. Ubah SLF menjadi driving mode dan gerakkan ke sisi upstream pier table
- c. Tempatkan box segmen 1 pada posisi di atas pier table arahkan SLF ke arah downstream untuk persiapan mengangkat kembali box segmen 1 di sisi downstream sehingga jembatan menjadi balance.
- d. Lakukan pengangkatan segmen 1 pada sisi downstream hingga setinggi SLF
- e. Lakukan pembesian dan pengecoran pada wide join (stitch) untuk proses menyambungkan cast insitu dari pada pier cable dengan precast box girder
- f. Lakukan stressing tendon permanen sehingga menjadi satu kesatuan.
- g. Grouting lubang tendon sehingga struktur dianggap balanced cantilever yang utuh. Setelah semua sudah sempurna, Kemudian bisa melakukan pemasangan segmen selanjutnya pada sisi upstream S2R

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1725 tahun 2016 tentang pembebanan pada jembatan," Jakarta, 2016.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 2847 tahun 2013 tentang Persyaratan beton struktural untuk bangunan Gedung," Jakarta, 2013.
- [3] Balai Penerapan Teknologi Konstruksi Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, "Penerapan Teknologi Konstruksi in build Knowledge Management," Jakarta, 2017.
- [4] T.Y.Lin-Burns, *Detail Struktur Beton Prategang*, Jakarta: Erlangga, 1993.