

TUGAS AKHIR

DESAIN ALTERNATIF STRUKTUR ATAS

JEMBATAN *BOX GIRDER*

DENGAN METODE *SPAN BY SPAN*

STUDI KASUS JEMBATAN LAYANG TENDEAN – BLOK M – CILEDUK

Diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjan Teknik Strata 1 (S-1)



Disusun Oleh :

HARIANTO - 4111110001

**UNIVERSITAS MERCU BUANA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
2017**



**LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Q

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : Desain Alternatif Struktur Atas Jembatan Box Girder Dengan Metode Span by Span Studi Kasus Jembatan Layang Tendean - Blok M - Cileduk

Disusun oleh :

N a m a : Harianto
N I M : 41111110001
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diujikan dan dinyatakan LULUS pada sidang sarjana tanggal 21 Februari 2017.

Jakarta, Agustus 2017

Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Zainal Abidin Shahab, MT

Ketua Penguji


Dr. Resmi Bestari Muin, MS

7/31/17

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Acep Hidayat, ST, MT

	LEMBAR PERNYATAAN SIDANG SARJANA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCU BUANA	Q
---	--	----------

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Harianto
 Nomor Induk Mahasiswa : 41111110001
 Program Studi/Jurusan : Teknik Sipil
 Fakultas : Fakultas Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat di pertanggung jawabkan sepenuhnya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
 Jakarta, Agustus 2017

Yang memberikan pernyataan



Harianto

Harianto

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan kuasan-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik dari program Studi Strata 1 Jurusan Teknik Sipil di Universitas Mercu Buana Jakarta. Adapun judul Tugas Akhir ini adalah **“DESAIN ALTERNATIF STRUKTUR ATAS JEMBATAN *BOX GIRDER* DENGAN METODE *SPAN BY SPAN* STUDI KASUS JEMBATAN LAYANG TENDEAN – BLOK M - CILEDUK”**. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini bukanlah tujuan akhir dari belajar, karena belajar adalah sesuatu yang tidak terbatas.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tentunya tidak terlepas dari adanya dorongan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang ikut membantu demi terselesaikannya Tugas Akhir ini, khususnya kepada :

1. Bapak Ir. Zainal Abidin Shahab, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis hingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini.

2. Shinta Saptari, S.I.Kom selaku istri yang dengan sabar dan tulus memberikan semangat dan cinta hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Teristimewa untuk Orang Tua tercinta serta saudara saudari yang selalu mendukung dan memberi kasih sayang pada penulis.
4. Kawan-kawan Teknik Sipil yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Bapak Acep Hidayat, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana
6. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan baik moril dan material kepada penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna baik isi maupun penyajiannya. Karenanya penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak untuk menuju penyempurnaan.

Akhirnya semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua serta dapat digunakan sebagai bahan penelitian selanjutnya.

Wassalammu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Jakarta, 25 Februari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Maksud dan Tujuan Penulisan	I-2
1.4 Manfaat Perancangan	I-2
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	I-3
1.6 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Tinjauan Umum	II-1
2.2 Konsep Dasar Beton Prategang	II-4
2.3 Metode Prategang	II-9
2.4 Tahap Pembebanan	II-12
2.5 Material Beton Prategang	II-16
2.5.1 Beton	II-16

2.5.2	Baja Prategang	II-21
2.6	Kehilangan Gaya Prategang	II-23
2.7	Pembebanan Jembatan	II-32
2.7.1	Beban Permanen	II-32
2.7.2	Beban Lalu Lintas	II-33
2.7.3	Beban Lingkungan	II-40
2.7.4	Beban Lainnya	II-42
2.7.5	Kombinasi Beban	II-43
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN		III-1
3.1	Bagan Alir	III-1
3.2	Studi Literatur <i>Segmental Box Girder</i>	III-5
3.2.1	Tipikal Urutan <i>Erection Metode Span by Span</i>	III-5
3.3	Perencanaan Awal Dimensi <i>Box Girder</i>	III-7
3.4	Pembebanan Jembatan	III-10
3.4.1	Analisis Arah Melintang Jembatan	III-11
3.4.2	Analisis Arah Memanjang Jembatan	III-16
3.4.3	Analisis <i>Shear Key</i> pada <i>Joint Box Girder</i>	III-19
3.5	Kontrol Tegangan Gaya Prategang	III-22
3.5.1	Gaya Prategang <i>Launching Stage</i>	III-22
3.5.2	Gaya Prategang <i>Final Stage</i>	III-23
3.6	Analisis Kehilangan Gaya Prategang	III-24
3.7	Perencanaan Tulangan	III-24
3.7.1	Kapasitas Momen Nominal.....	III-25

3.7.2 Kekuatan Geser Lentur.....	III-26
3.7.3 Kuat Geser Badan.....	III-27
BAB IV ANALISIS DAN DESAIN	IV-1
4.1 Bahan dan Data Fisik Jembatan	IV-1
4.2 Perencanaan Awal Dimensi <i>Segmental Box Girder</i>	IV-5
4.3 Analisis Penampang <i>Segmental Box Girder</i>	IV-6
4.4 Analisis <i>Launching Stage</i>	IV-16
4.5 Analisis <i>Final Stage</i>	IV-65
4.6 Penentuan Selubung Tendon Prategang.....	IV-80
4.7 Desain Penulangan <i>Segmental Box Girder</i>	IV-90
4.8 Analisis <i>Deformasi</i>	IV-97
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Simpulan	V-1
5.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi metode <i>Span by Span</i> dengan <i>Gantry Crane</i>	II-1
Gambar 2.2	Penempatan <i>Gantry Crane</i> pada <i>Pier</i>	II-2
Gambar 2.3	Pengangkatan <i>Segmental Box Girder</i>	II-2
Gambar 2.4	Pemberian <i>Epoxy</i> Pada Sisi <i>Segment</i> Pertama dan <i>Segment</i> Kedua...	II-3
Gambar 2.5	Pemasangan <i>Post Tension Temporary Stress Bar</i> pada <i>Segment</i>	II-3
Gambar 2.6	<i>Stressing Tendon</i> dalam Satu <i>Span</i>	II-4
Gambar 2.7	Distribusi Tegangan Serat Beton Pada Balok Persegi Panjang dengan Tendon Lurus.....	II-5
Gambar 2.8	Diagram Benda Bebas Untuk Membandingkan Balok Beton Prategang dan Balok Beton Bertulang.....	II-7
Gambar 2.9	Penarikan Kabel Prategang.....	II-9
Gambar 2.10	Penarikan Beton Setelah Penarikan Gaya Prategang.....	II-10
Gambar 2.11	Pemotongan Kabel Prategang Setelah Beton Cukup Umur.....	II-10
Gambar 2.12	Pengecoran Beton Setelah Pemasangan Selongsong Kabel Prategang	II-11
Gambar 2.13	Penarikan Gaya Prategang Setelah Beton Cukup Umur.....	II-11

Gambar 2.14 Pengangkuran Kabel Prategang pada Beton.....	II-12
Gambar 2.15 Kurva Beban – Deformasi pada Balok Prategang Tipikal.....	II-13
Gambar 2.16 Tipikal Variasi Pengaruh Kekuatan Beton Terhadap Waktu.....	II-17
Gambar 2.17 Kuat tekan Versus Umur pada Beton Mutu Tinggi.....	II-17
Gambar 2.18 Model Kurva Tegangan – Regangan “ <i>Modified Hognested</i> ”.....	II-18
Gambar 2.19 <i>Secant Modulus</i>	II-19
Gambar 2.20 Bentuk dan Diameter Tulangan Prategang.....	II-21
Gambar 2.21 Kurva Tegangan – Regangan untuk Baja Prategang.....	II-22
Gambar 2.22 Perpendekan Elastis Beton.....	II-25
Gambar 2.23 Kehilangan Prategang Akibat <i>Friksi</i>	II-27
Gambar 2.24 Variasi Gaya Tendon Sebelum dan Sesudah <i>Slip</i> Angkur.....	II-28
Gambar 2.25 Kurva Regangan – Waktu.....	II-30
Gambar 2.26 Kehilangan Relaksasi Versus Waktu untuk Baja Prategang Berelaksasi rendah pada 70 Persen Kodisi Ultimit.....	II-31
Gambar 2.27 Beban Lajur “D”.....	II-34
Gambar 2.28 Penyebaran Pembebanan Pada Arah Melintang.....	II-35
Gambar 2.29 Pembebanan Truk “T”.....	II-35

Gambar 2.30	Faktor Beban Dinamis untuk BGT untuk Pembebanan Lajur “D”..	II-37
Gambar 2.31	Gaya Rem per Lajur 2.75.....	II-38
Gambar 2.32	Pembebanan untuk Pejalan Kaki.....	II-39
Gambar 3.1	Pemindahan <i>Gantry Crane</i> kebentang Jembatan yang akan dierection.....	III-5
Gambar 3.2	Pengangkatan <i>Segment Box Girder</i> Satu demi Satu Sesuai Posisi...	III-5
Gambar 3.3	Penyambungan tiap <i>Segment box girder</i> Sesuai Posisi.....	III-6
Gambar 3.4	Pemasangan dan Penarikan <i>Tendon</i> pada Bentang Jembatan.....	III-6
Gambar 3.5	Pemindahan <i>Gantry Crane</i> ke Bentang Selanjutnya yang Akan di Erection.....	III-6
Gambar 3.6	Perbandingan Nilai Bentang Jembatan dengan Ketinggian <i>Box Girder</i> Sebagai Dasar Perencanaan Awal Ketinggian <i>Box Girder</i>	III-8
Gambar 3.7	Penyederhanaan Analisis <i>Box Girder</i> Satuan Panjang.....	III-11
Gambar 3.8	Konfigurasi Beban Lalu Lintas Dalam 3 Dimensi.....	III-12
Gambar 3.9	Konfigurasi Beban Hidup Secara Melintang.....	III-14
Gambar 3.10	Tipikal Layout <i>Tendon</i> Dalam Arah Memanjang.....	III-15
Gambar 3.11	Faktor – faktor yang Mempengaruhi Desain Melintang <i>Box Girder</i>	III-15
Gambar 3.12	Desain Awal Perencanaan Dimensi <i>Box Girder</i>	III-16

Gambar 3.13	Kombinasi Beban Lalu Lintas Memanjang Pada Jembatan.....	III-17
Gambar 3.14	Konfigurasi Beban Arah Memanjang dan Melintang.....	III-18
Gambar 3.15	Tipikal Layout Tendon dalam Arah Memanjang.....	III-18
Gambar 3.16	Momen yang terjadi pada saat konstruksi dengan metode <i>span by span</i>	III-19
Gambar 3.17	Momen yang terjadi pada kondisi <i>As Built</i> dengan metode <i>span by span</i>	III-19
Gambar 3.18	Regangan Tarik Minimum Untuk Penentuan Batas Maksimum Tulangan Balok Prategang.....	III-26
Gambar 4.1	<i>Layout</i> Jalan Layang Paket Santa Sta 8+801.96 s/d 9+012.88.....	IV-4
Gambar 4.2	<i>Long Section</i> Jalan Layang Paket Santa Sta 8+801.96 s/d 9+012.88.....	IV-4
Gambar 4.3	Perencanaan Awal Tipikal Dimensi Box Girder.....	IV-5
Gambar 4.4	Konfigurasi beban hidup untuk momen negatif maksimum pada cantilever slab, dan momen negatif maksimum slab bawah dan web.....	IV-7
Gambar 4.5	Hasil analisis konfigurasi beban hidup pada gambar 4.4.....	IV-8
Gambar 4.6	Konfigurasi beban hidup untuk momen negatif maksimum pada CL <i>slab</i> atas.....	IV-8
Gambar 4.7	Hasil analisis konfigurasi beban hidup pada gambar 4.6.....	IV-9

Gambar 4.8	Konfigurasi beban hidup untuk momen positif maksimum pada CL <i>slab</i> atas.....	IV-9
Gambar 4.9	Hasil analisis konfigurasi beban hidup pada gambar 4. 8.....	IV-10
Gambar 4.10	Penulangan <i>slab cantilever</i> dan pertemuan antara <i>slab</i> bawah dan <i>web</i> sisi dalam.....	IV-12
Gambar 4.11	Penulangan <i>slab</i> bagian atas.....	IV-13
Gambar 4.12	Penulangan Slab Bagian Bawah dan <i>Web</i> bagian Luar.....	IV-15
Gambar 4.13	Konfigurasi Penulangan <i>Segmental Box Girder</i>	IV-15
Gambar 4.14	<i>Launching Stage Span 1</i>	IV-16
Gambar 4.15	Besarnya gaya momen yang terjadi saat <i>launching stage span 1</i> ...	IV-16
Gambar 4.16	<i>Launching Stage Span 2</i>	IV-17
Gambar 4.17	Besarnya gaya momen yang terjadi saat <i>launching stage span 2</i> ...	IV-17
Gambar 4.18	<i>Launching Stage Span 3</i>	IV-18
Gambar 4.19	Besarnya gaya momen yang terjadi saat <i>launching stage span 3</i> ...	IV-18
Gambar 4.20	<i>Launching Stage Span 4</i>	IV-19
Gambar 4.21	Besarnya gaya momen yang terjadi saat <i>launching stage span 4</i> ...	IV-19
Gambar 4.22	<i>Launching Stage Span 5</i>	IV-20
Gambar 4.23	Besarnya gaya momen yang terjadi saat <i>launching stage span 5</i> ...	IV-20

Gambar 4.24 Besarnya gaya momen yang terjadi saat <i>launching stage</i>	IV-21
Gambar 4.25 Jarak tendon bawah terhadap titik berat penampang <i>box girder</i>	IV-22
Gambar 4.26 Kebutuhan <i>bottom</i> tendon akibat beban konstruksi.....	IV-25
Gambar 4.27 Jarak tendon atas terhadap titik berat penampang <i>pier segment</i>	IV-25
Gambar 4.28 Kebutuhan <i>top</i> tendon akibat beban konstruksi pada <i>pier segment</i> .	IV-28
Gambar 4.29 Momen akibat berat sendiri + berat <i>barrier</i> + berat aspal	IV-48
Gambar 4.30 Momen akibat beban tambahan (berat <i>barrier</i> + berat aspal)	IV-60
Gambar 4.31 konfigurasi beban “D” pada kondisi pembebanan 2 Jalur.....	IV-66
Gambar 4.32 konfigurasi beban “D” pada kondisi pembebanan 1 Jalur.....	IV-66
Gambar 4.33 Momen pada jembatan akibat pembebanan 2 jalur.....	IV-67
Gambar 4.34 Maksimum positif momen pada <i>span 3</i> pembebanan 2 jalur.....	IV-67
Gambar 4.35 Maksimum positif momen pada <i>span 2</i> , minimum reaksi pada <i>pier 1</i> pembebanan 2 jalur.....	IV-68
Gambar 4.36 Maksimum negatif momen pada <i>pier 3</i> , maksimum reaksi pada <i>pier 3</i> pembebanan 2 jalur.....	IV-68
Gambar 4.37 Maksimum reaksi pada <i>pier 1</i> pembebanan 2 jalur.....	IV-68
Gambar 4.38 Momen <i>envelope</i> akibat beban kombinasi <i>service</i> (SLS).....	IV-69
Gambar 4.39 Tipikal selubung garis <i>cgc</i> untuk tendon <i>external</i>	IV-88

Gambar 4.40 Kontrol tegangan yang terjadi pada <i>top</i> tendon.....	IV-89
Gambar 4.41 Kontrol tegangan yang terjadi pada <i>bottom</i> tendon.....	IV-89
Gambar 4.42 Momen <i>envelope</i> akibat beban kombinasi <i>ultimate</i> (<i>ULT 2</i>).....	IV-90
Gambar 4.43 Tipikal penulangan longitudinal <i>box girder</i> $\phi 13 - 150$	IV-92
Gambar 4.44 Gaya geser <i>envelope</i> akibat beban kombinasi <i>ultimate</i> (<i>ULT 2</i>)..	IV-92
Gambar 4.45 Tipikal penulangan geser <i>box girder</i> $\phi 16 - 150$	IV-95
Gambar 4.46 Tipikal penulangan <i>box girder</i>	IV-95
Gambar 4.47 Detail <i>Shear Key</i>	IV-96
Gambar 4.48 <i>Shear key</i> pada <i>dry joint box girder</i>	IV-97
Gambar 4.49 <i>Deformasi</i> akibat beban mati.....	IV-97
Gambar 4.50 <i>Deformasi</i> akibat prategang.....	IV-98
Gambar 4.51 <i>Deformasi</i> akibat beban hidup.....	IV-98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beban penyeimbang dari beberap profil tendon.....	II-8
Tabel 2.2	Jenis-jenis kehilangan prategang	II-24
Tabel 2.3	Koefisien <i>friksi</i> untuk tendon <i>posttension</i>	II-27
Tabel 2.4	Berat isi untuk beban mati.....	II-32
Tabel 2.5	Jumlah lajur lalu lintas rencana.....	II-33
Tabel 2.6	Nilai faktor beban dinamik.....	II-36
Tabel 2.7	Faktor gaya rem.....	II-37
Tabel 2.8	Beban pejalan kaki.....	II-38
Tabel 2.9	Gaya angin rencana.....	II-41
Tabel 2.10	Kombinasi beban ultimit.....	II-44
Tabel 4.1	Kehilangan Gaya prategang tiap <i>span</i> akibat <i>friksi</i> pada <i>External</i> tendon	IV-40
Tabel 4.2	Kehilangan Gaya prategang tiap <i>span</i> akibat <i>friksi</i> pada <i>Internal</i> tendon	IV-41

Tabel 4.3	Total Kehilangan gaya prategang tiap <i>span</i> akibat <i>friksi</i>	IV-41
Tabel 4.4	Kehilangan Gaya prategang tiap <i>span</i> akibat dudukan ankur (<i>anchorage seating loss</i>).....	IV-41
Tabel 4.5	Kehilangan Gaya prategang tiap <i>span</i> akibat perpendekan elastis beton (<i>elastic shortenig loss</i>).....	IV-46
Tabel 4.6	Total kehilangan prategang sesaat setelah transfer	IV-47
Tabel 4.7	Kehilangan Gaya prategang tiap <i>span</i> akibat susut (<i>shrinkage</i>).....	IV-59
Tabel 4.8	Kehilangan Gaya prategang tiap <i>span</i> akibat rangkak (<i>creep</i>).....	IV-62
Tabel 4.9	Kehilangan Gaya prategang tiap <i>span</i> akibat relaksasi tendon (<i>relaxation of steel</i>).....	IV-64
Tabel 4.10	Total kehilangan prategang	IV-64

