

**PERANCANGAN STRUKTUR ATAS *FLY OVER*
GEJAYAN MENGGUNAKAN *BOX GIRDER***

Laporan Tugas Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :
MICHAEL JETHRO FERDYSON
NPM. : 13.02.14725



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
AGUSTUS 2017**

SURAT PERNYATAAN PENYIMPANAN IJAZAH

Yang bertandatangan di bawah ini, saya :

Nama : Michael Jethro Ferdyson
Nomor Mahasiswa : 13 02 14725
Program Studi : Teknik Sipil
Alamat Rumah : Taman Buaran Indah 1 Blok B' No. 9-10, RT 8/14 Klender, Jakarta Timur.
Nomor HP : 085694551119 / (021)8613450
Tanggal Yudisium : 15 September 2017

Menyatakan bahwa saya dapat menerima ketentuan masa penyimpanan ijazah Universitas Atma Jaya Yogyakarta adalah selama 1 (satu) tahun setelah diterbitkan. Apabila dalam jangka waktu 1 (satu) tahun setelah diterbitkan ijazah tidak saya ambil dan kemudian hari ijazah tersebut hilang, rusak, atau terbakar maka bukan menjadi tanggung jawab Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh.

Yogyakarta, 26 September 2017

Yang membuat pernyataan



(Michael Jethro Ferdyson)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS FLY OVER
GEJAYAN MENGGUNAKAN BOX GIRDER

Oleh :
MICHAEL JETHRO FERDYSON
NPM. : 13.02.14725

Telah disetujui oleh Pembimbing
Yogyakarta, 25 SEPTEMBER 2017

Pembimbing

(Ir. P. Eliza Purnamasari, M. Eng.)

Disahkan oleh :
Program Studi Teknik Sipil
Ketua



PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS FLY OVER GEJAYAN MENGGUNAKAN BOX GIRDER



Oleh :

MICHAEL JETHRO FERDYSON
NPM. : 13.02.14725

Telah diuji dan disetujui oleh

| | Nama | |
|---------|--------------------------------------|--|
| Ketua | : Ir. P. Eliza Purnamasari, M. Eng. | |
| Anggota | : Ir. JF. Soandrijanie Linggo, M.T. | |
| Anggota | : FX. Pranoto Dirhan P., S.T., MURP. | |

| Tanda Tangan | Tanggal |
|--------------|-----------|
| | 25-9-2017 |
| | 25-9-2017 |
| | 25-9-2017 |

KATA HANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, penyusunan Tugas Akhir dengan judul “PERANCANGAN STRUKTUR ATAS *FLY OVER GEJAYAN MENGGUNAKAN BOX GIRDER*” dapat diselesaikan. Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata-1 (S-1) di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Perancangan *fly over* di Gejayan ini menggunakan beton prategang *box girder* jenis eksterior *sloped* yang memiliki dua interior girder yang memiliki panjang bentang keseluruhan 200 meter, dengan dibagi menjadi tiga bagian 75 m + 50 m sebagai bentang utama + 75 m.

Pada perancangan jembatan ini dimulai dengan Bab I yang membahas mengenai latar belakang perancangan *fly over* di Gejayan, rumusan serta batasan-batasan masalah perancangan. Lalu pada Bab II dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang memberikan berbagai definisi berupa jenis, bentuk jembatan.

Selanjutnya pada Bab III diberikan tinjauan umum untuk menentukan fokus utama dan keuntungan dari perancangan *fly over* menggunakan *box girder*. Pada landasan teori ini juga menjelaskan mengenai standar atau prosedur pembebanan yang akan digunakan untuk perhitungan beban serta struktur dari *fly over*. Selanjutnya pada Bab IV adalah pembahasan mengenai metodologi dalam perancangan *fly over* yang dilengkapi dengan tahapan perancangan.

Dari semua persiapan perancangan yang dilanjutkan dengan *preliminary design* yang menentukan dimensi-dimensi utama, maka pada Bab V dilakukan analisa untuk pembebanan, penentuan posisi *tendon*, menganalisa beton prategang *box girder* yang berisi pengaruh *creep* (rayapan), pengaruh temperature pada prategang, kehilangan prategang. Selanjutnya dilakukan kontrol terhadap tegangan, lendutan, dan terhadap momen *ultimate* yang dilanjutkan dengan menganalisa dengan bantuan software SAP (*Structure Analysis Program*) untuk membantu menganalisa gaya-gaya yang berkerja pada sistem prategang dan dilanjutkan dengan penulangan *box girder*.

Dengan demikian dapat dilanjutkan dengan Bab VI sebagai bagian terakhir dalam penulisan tugas akhir yang berisikan mengenai kesimpulan dari hasil perancangan serta saran yang diberikan untuk pembaca.

Yogyakarta, Agustus 2017

Michael Jethro Ferdyson
NPM : 13 02 14725

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PERNYATAAN | ii |
| PENGESAHAN | iii |
| KATA HANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN..... | xvi |
| INTISARI | xxv |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Tugas Akhir | 6 |
| 1.5 Manfaat Tugas Akhir | 6 |
| 1.6 Keaslian Tugas Akhir | 7 |
| 1.7 Sistematika Penulisan..... | 7 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| 2.1 Definisi <i>fly over</i> | 9 |
| 2.2 Bentuk dan Tipe Jembatan..... | 9 |
| 2.3 Unsur-unsur Struktur Atas <i>Fly Over</i> | 17 |
| 2.4 Dasar Perencanaan | 17 |
| 2.5 Sistem Pembebaran..... | 18 |
| 2.6 Tipe <i>Box Girder</i> | 21 |
| | |
| BAB III LANDASAN TEORI | 25 |
| 3.1 Tinjauan Umum | 25 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.2 | Standar Pembebanan | 25 |
| 3.3 | Aksi dan beban tetap | 26 |
| BAB IV METODOLOGI | | 43 |
| 4.1 | Pengumpulan Data | 43 |
| 4.2 | Metode Perancangan..... | 43 |
| 4.3 | Metode Analisis | 44 |
| 4.4 | Tahapan Perancangan | 45 |
| BAB V PERANCANGAN STRUKTUR <i>FLY OVER</i> | | 46 |
| 5.1 | Dimensi <i>Fly Over</i> | 46 |
| 5.2 | Spesifikasi Baja Prategang..... | 47 |
| 5.3 | Pembebanan <i>Box Girder</i> | 52 |
| 5.3.1 | Berat Sendiri..... | 52 |
| 5.3.2 | Berat Mati Tambahan | 54 |
| 5.4 | Beban Lajur | 55 |
| 5.5 | Beban Pejalan Kaki..... | 56 |
| 5.6 | Gaya Rem..... | 57 |
| 5.7 | Gaya Angin | 58 |
| 5.8 | Gaya Gempa | 59 |
| 5.9 | Resume Momen & Gaya | 61 |
| 5.10 | Menentukan Posisi <i>Tendon</i> | 68 |
| 5.10.1 | Posisi <i>Tendon</i> Pada Tengah Bentang | 68 |
| 5.10.2 | Posisi <i>Tendon</i> Pada Tumpuan | 68 |
| 5.10.3 | Eksentrisitas Tiap <i>Tendon</i> | 69 |
| 5.10.4 | Lintasan Inti <i>Tendon</i> Pada <i>Box Girder</i> | 69 |
| 5.10.5 | Sudut Angkur..... | 71 |
| 5.10.6 | Perletakan Kabel <i>Tendon</i> (<i>Strands</i>)..... | 72 |
| 5.11. | Kehilangan Tegangan | 75 |
| 5.11.11 | Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Angkur | 77 |
| 5.11.12 | Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Kabel..... | 78 |
| 5.11.13 | Kehilangan Tegangan Akibat Pemendekan Elastis | 79 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 5.11.14 | Kehilangan Tegangan Akibat Pengangkuran | 80 |
| 5.11.15 | Kehilangan Tegangan Akibat <i>Relaxation of Tendon</i> | 81 |
| 5.12. | Tegangan Akibat Gaya Prategang | 85 |
| 5.12.1 | Keadaan Awal Transfer Gaya | 86 |
| 5.12.2 | Keadaan Setelah Kehilangan Gaya Prategang..... | 86 |
| 5.13 | Tegangan Akibat Beban Pada <i>Box Girder</i> | 87 |
| 5.13.1 | Tegangan Akibat Beban Sendiri | 87 |
| 5.13.2 | Tegangan Akibat Beban Tambahan | 87 |
| 5.13.3 | Teganga Akibat Susut Beton..... | 88 |
| 5.13.4 | Tegangan Akibat Rangkak Beton | 89 |
| 5.13.5 | Superposisi Tegangan Susut & Rangkak | 90 |
| 5.14 | Tegangan Akibat Prategang..... | 90 |
| 5.15 | Tegangan Akibat Beban Lajur..... | 91 |
| 5.16 | Tegangan Akibat Beban Pejalan Kaki | 91 |
| 5.17 | Tegangan Akibat Gaya Rem | 91 |
| 5.18 | Tegangan Akibat Beban Angin..... | 92 |
| 5.19 | Tegangan Akibat Beban Gempa..... | 92 |
| 5.20 | Tegangan Akibat Pengaruh Temperatur | 92 |
| 5.21 | Kontrol Tegangan Dengan Kombinasi Pembebanan..... | 95 |
| 5.21.1 | Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 1 | 97 |
| 5.21.2 | Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 2 | 97 |
| 5.21.3 | Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 3 | 98 |
| 5.21.4 | Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 4 | 98 |
| 5.21.5 | Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 5 | 99 |
| 5.22 | Lendutan Pada <i>Box Girder</i> | 100 |
| 5.22.1 | Lendutan Saat Keadaan Awal Transfer Gaya..... | 100 |
| 5.22.2 | Lendutan Setelah Kehilangan Gaya Prategang | 100 |
| 5.22.3 | Lendutan Pada <i>Box Girder</i> Akibat Beban..... | 101 |
| 5.23 | Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi Beban | 104 |
| 5.23.1 | Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 1 | 104 |
| 5.23.2 | Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 2 | 104 |

| | | |
|------------------------------------|---|-----|
| 5.23.3 | Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 3 | 105 |
| 5.23.4 | Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 4 | 105 |
| 5.23.5 | Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 5 | 106 |
| 5.24 | Tinjauan <i>Ultimate</i> Pada Prategang <i>Box Girder</i> | 107 |
| 5.24.1 | Kapasitas Momen <i>Ultimate</i> | 107 |
| 5.24.2 | Momen <i>Ultimate Akibat Beban</i> | 109 |
| 5.25 | Kontrol Kombinasi Momen <i>Ultimate Box Girder</i> | 112 |
| 5.25.1 | Kontrol Kombinasi Momen <i>Ultimate 1</i> | 112 |
| 5.25.2 | Kontrol Kombinasi Momen <i>Ultimate 2</i> | 112 |
| 5.25.3 | Kontrol Kombinasi Momen <i>Ultimate 3</i> | 112 |
| 5.25.4 | Kontrol Kombinasi Momen <i>Ultimate 4</i> | 113 |
| 5.25.5 | Kontrol Kombinasi Momen <i>Ultimate 5</i> | 113 |
| 5.26 | Pembesian Pada Bagian Akhir..... | 114 |
| 5.27 | Perhitungan Sengkang Pada <i>Bursting Force</i> | 116 |
| 5.27.1 | Perhitungan Sengkang Arah Vertikal..... | 118 |
| 5.27.2 | Perhitungan Sengkang Arah Horizontal | 118 |
| 5.28 | Tinjauan Pada Gaya Geser | 119 |
| 5.29 | Penulangan <i>Box Girder</i> | 128 |
| 5.30 | Perencanaan <i>Barrier</i> | 131 |
| 5.30.1 | Perencanaan Tulangan <i>Raiiling</i> | 131 |
| 5.30.2 | Perencanaan Tulangan Sandaran | 135 |
| 5.30.3 | Perencanaan Tulangan Trotoar | 140 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | 145 |
| 6.1 | Kesimpulan | 145 |
| 6.2 | Saran | 148 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 159 |
| LAMPIRAN | | 160 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 3.1 | Faktor Beban Sendiri Struktur Atas | 26 |
| Tabel 3.2 | Elemen Struktural & Non Struktural..... | 26 |
| Tabel 3.3 | Berat Isi Untuk Beban Mati..... | 27 |
| Tabel 3.4 | Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan | 27 |
| Tabel 3.5 | Faktor Beban Untuk Beban Lajur..... | 27 |
| Tabel 3.6 | Faktor Beban Untuk Beban | 29 |
| Tabel 3.7 | Jumlah Lalu Lintas Rencana..... | 31 |
| Tabel 3.8 | Besar Gaya Rem Arah Memanjang Jembatan | 34 |
| Tabel 3.9 | Beban Hidup Merata Berdasarkan Luasan Trotoar | 35 |
| Tabel 3.10 | Nilai V_0 dan Z_0 Berbagai Variasi | 37 |
| Tabel 3.11 | Tekanan Angin Dasar | 38 |
| Tabel 3.12 | Tekanan Angin Dasar Untuk Sudut Serang | 39 |
| Tabel 3.13 | Komponen Beban Angin Pada Kendaraan | 40 |
| Tabel 3.14 | Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal | 41 |
| Tabel 3.15 | Sifat Bahan Rata-rata Akibat Temperatur | 42 |
| Tabel 3.16 | Faktor Beban Akibat Pengaruh Prategang..... | 42 |
| Tabel 5.1 | Perhitungan Inersia..... | 50 |
| Tabel 5.2 | Perhitungan Beban Mati Tambahan | 54 |
| Tabel 5.3 | Persamaan Momen | 63 |
| Tabel 5.4 | Persamaan Gaya Geser | 64 |
| Tabel 5.5 | Momen Pada <i>Box Girder</i> Prategang..... | 65 |
| Tabel 5.6 | Gaya Geser Pada <i>Box Girder</i> Prategang | 67 |
| Tabel 5.7 | Lintasan Inti <i>Tendon</i> | 71 |
| Tabel 5.8 | Sudut Angkur | 72 |
| Tabel 5.9 | Posisi Baris <i>Tendon</i> | 73 |
| Tabel 5.10 | Jumlah <i>Strands</i> | 78 |
| Tabel 5.11 | Kehilangan Gaya Prategang | 86 |
| Tabel 5.12 | Momen Akibat Temperatur | 95 |
| Tabel 5.13 | Kombinasi Pembebatan | 96 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 5.14 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 1 | 98 |
| Tabel 5.15 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 2..... | 98 |
| Tabel 5.16 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 3..... | 99 |
| Tabel 5.17 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 4..... | 100 |
| Table 5.18 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 5..... | 100 |
| Tabel 5.19 Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 1 | 105 |
| Tabel 5.20 Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 2 | 105 |
| Tabel 5.21 Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 3 | 106 |
| Tabel 5.22 Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 4 | 106 |
| Tabel 5.23 Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi 5 | 107 |
| Tabel 5.24 Resume Momen <i>Box Girder</i> | 111 |
| Tabel 5.25 Kontrol Momen <i>Ultimate</i> Terhadap Kombinasi 1 | 113 |
| Tabel 5.26 Kontrol Momen <i>Ultimate</i> Terhadap Kombinasi 2 | 113 |
| Tabel 5.27 Kontrol Momen <i>Ultimate</i> Terhadap Kombinasi 3 | 113 |
| Tabel 5.28 Kontrol Momen <i>Ultimate</i> Terhadap Kombinasi 4 | 114 |
| Tabel 5.29 Kontrol Momen <i>Ultimate</i> Terhadap Kombinasi 5 | 114 |
| Tabel 5.30 Spesifikasi Angkur <i>End Block</i> | 115 |
| Tabel 5.31 Momen Statis Luas Bagian Atas | 116 |
| Tabel 5.32 Momen Statis Luas Bagian Bawah | 117 |
| Tabel 5.33 Jumlah Sengkang Arah Vertikal..... | 119 |
| Tabel 5.34 Jumlah Sengkang Arah Horizontal | 119 |
| Tabel 5.35 Geser Di Atas Garis Netral | 123 |
| Tabel 5.36 Geser Di Bawah Garis Netral | 125 |
| Tabel 5.37 Jarak Sengkang Digunakan | 127 |
| Tabel 6.1 Tabel Jumlah <i>Strands</i> | 148 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1 | Keadaan Pertemuan Simpang di Lokasi..... | 2 |
| Gambar 1.2 | Daerah & Denah Lokasi Perancangan..... | 4 |
| Gambar 1.3 | Ukuran Bagian Perancangan <i>Fly Over</i> | 5 |
| Gambar 2.1 | <i>The Bridge Across Kupa River in Sisak</i> | 10 |
| Gambar 2.2 | <i>Steel Truss Bridge</i> | 10 |
| Gambar 2.3 | <i>Suspension Bridge</i> | 12 |
| Gambar 2.4 | Jembatan <i>Slab Beton Bertulang</i> | 13 |
| Gambar 2.5 | <i>Box Girder Bridge</i> | 14 |
| Gambar 2.6 | Jembatan <i>Gelagar Deck</i> | 15 |
| Gambar 2.7 | Jembatan <i>Cable Stayed</i> | 16 |
| Gambar 2.8 | Multi <i>Cell Box Girder</i> | 22 |
| Gambar 2.9 | Single <i>Cell Box Girder</i> | 22 |
| Gambar 2.10 | Eksterior <i>Girder Vertikal</i> | 22 |
| Gambar 2.10 | Eksterior <i>Girder Slope</i> | 23 |
| Gambar 2.10 | Eksterior <i>Girder Clipped</i> | 23 |
| Gambar 2.10 | Eksterior <i>Girder Radius</i> | 23 |
| Gambar 2.10 | Eksterior <i>Girder Sloped Max</i> | 24 |
| Gambar 3.1 | Beban Lajur “D” | 28 |
| Gambar 3.2 | Pembebanan Truk “T” (500 kN)..... | 30 |
| Gambar 3.3 | Penempatan Beban Truk | 33 |
| Gambar 3.4 | Faktor Beban Dinamis Untuk Beban Truk & Lajur..... | 34 |
| Gambar 4.1 | Diagram Alir Perencangan <i>Fly Over</i> | 45 |
| Gambar 5.1 | Dimensi <i>Fly Over</i> | 46 |
| Gambar 5.2 | Dimensi <i>Box Girder</i> | 49 |
| Gambar 5.3 | Penampang <i>Box Girder</i> | 50 |
| Gambar 5.4 | Berat Sendiri | 52 |
| Gambar 5.5 | Berat Mati Tambahan | 54 |
| Gambar 5.6 | Distribusi Beban Lajur | 55 |
| Gambar 5.7 | Gaya Rem | 57 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Gambar 5.8 | Gaya Angin Pada Kendaraan | 59 |
| Gambar 5.9 | Posisi <i>Tendon</i> Tengah Bentang | 69 |
| Gambar 5.10 | Posisi <i>Tendon</i> Tumpuan | 69 |
| Gambar 5.11 | Angkur Hidup VSL Tipe EC | 72 |
| Gambar 5.12 | Angkur Mati VSL Tipe EC | 73 |
| Gambar 5.13 | Posisi <i>Tendon</i> | 73 |
| Gambar 5.14 | Grafik Posisi <i>Tendon</i> | 75 |
| Gambar 5.15 | Untaian <i>Cable Strands</i> | 77 |
| Gambar 5.16 | Angkur Untuk <i>End Block</i> | 115 |
| Gambar 5.17 | Detail Angkur <i>End Block</i> | 115 |
| Gambar 5.18 | Bagian Atas Penampang <i>Box Girder</i> | 116 |
| Gambar 5.19 | Bagian Bawah Penampang <i>Box Girder</i> | 116 |
| Gambar 5.20 | Detail Pembesian Angkur & Plat Angkur..... | 117 |
| Gambar 5.21 | Sengkang Pada <i>Box Girder</i> | 128 |
| Gambar 5.22 | Sengkang <i>Box Girder</i> Per Segmen | 128 |
| Gambar 5.23 | Penampang <i>Box Girder</i> | 129 |
| Gambar 5.24 | Tulangan <i>Box Girder</i> | 131 |
| Gambar 5.25 | Tampak Melintang <i>Barrier</i> | 132 |
| Gambar 5.26 | Tampak Memanjang..... | 132 |
| Gambar 5.27 | Pembebanan Pada <i>Railing</i> | 133 |
| Gambar 5.28 | Pembebanan Pada Sandaran | 137 |
| Gambar 5.29 | Rencana Trotoar..... | 141 |
| Gambar 5.30 | Denah Penulangan Trotoar..... | 144 |
| Gambar 5.31 | Detail Penulangan <i>Barrier</i> | 145 |
| Gambar 6.1 | Panjang Bentang <i>Box Girder</i> | 146 |
| Gambar 6.2 | Dimensi Lebar <i>Box Girder</i> | 146 |
| Gambar 6.3 | Tulangan Pada <i>Box Girder</i> | 147 |
| Gambar 6.4 | Posisi <i>Tendon</i> Pada <i>Box Girder</i> | 149 |

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A *OUTPUT SAP2000 (STRUCTURE ANALYSIS PROGRAM)*

| | |
|---|-----|
| Lampiran A.1 Grafik <i>Longitudinal Stress</i> Terhadap Kombinasi | 150 |
| Lampiran A.2 Grafik <i>Longitudinal Stress</i> Terhadap <i>Prestress</i> | 161 |
| Lampiran A.3 Grafik <i>Longitudinal Stress Envelope</i> Terhadap Kombinasi | 164 |
| Lampiran A.4 <i>Bride Object Girder Force</i> | 169 |
| Lampiran A.5 <i>Element Joint Force Area</i> | 187 |

LAMPIRAN B GAMBAR RENCANA STRUKTUR JEMBATAN

INTISARI

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS *FLY OVER* GEJAYAN MENGGUNAKAN *BOX GIRDER*, Michael Jethro Ferdyson, NPM 13.02.14725, tahun 2017, Bidang Peminatan Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Kemacetan sering terjadi pada jalan akses atau pertemuan kelas jalan berbeda. Seperti pada simpang empat yang terletak diantara Jalan Ringroad Utara (kolektor primer) dan Jalan Affandi Gejayan (lokal primer). Perancangan *fly over* ditujukan untuk menguraikan kemacetan tersebut. Dalam perancangan *fly over* di Gejayan digunakan *box girder* karena dinilai memiliki ketahanan terhadap torsi yang lebih baik dari jenis *girder* lainnya. Perancangan meliputi dimensi *box girder*, posisi *tendon* serta jumlah yang digunakan, merencanakan sandaran, *railing* dan trotoar, serta perencanaan penulangan.

Box girder menggunakan tipe satu *interior girder* dan dua buah *cell*. Total bentang 200 meter dengan panjang bentang utama 50 meter dan bentang samping 75 meter, lebar *box girder* 13,3 meter yang digunakan untuk 2 lajur dan 2 arah dengan lebar setiap lajur 5,65 meter. Tinggi *box girder* bentang utama dari muka tanah adalah 6,12 meter. Spesifikasi *tendon* serta angkur yang digunakan sesuai VSL *Multistrand System*. Analisis struktur dengan dua metode, secara manual yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016 tentang Standar Pembebaan Untuk Jembatan dan RSNI T-12-2004 tentang Perencanaan Struktur Beton Jembatan, perancangan komponen struktur *fly over* mengacu Perancangan Beban & Kekuatan Terfaktor (PBKT), untuk mengantisipasi kondisi batas ultimit, kedua analisis menggunakan program SAP 2000 (*Structure Analysis Program*) yang dilanjutkan dengan cek akibat kombinasi dan tarik pada *tendon*.

Hasil perancangan diperoleh ukuran *box girder* dengan tinggi 2,5 meter, tinggi setiap dinding samping kiri kanan 1,75 meter, tebal 0,5 meter, lalu lebar plat atas 13,3 meter, tebal 0,4 meter, dan plat bawah lebar 6,75 meter, tebal 0,35 meter. Dengan 24 *tendon* 600 strands tipe 0,5" (270 ksi) dimana setiap *strand* direncanakan menahan beban 205,59 kN.

Kata kunci : *fly over*, struktur atas, *Box Girder*.

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

- a_s = jarak sengkang yang dibutuhkan (m)
 A = luas penampang (mm^2)
 A_s = luas baja tulangan (mm^2)
 $A_{s \text{ pakai}}$ = luas tulangan tarik yang dipasang pada perencanaan komponen struktur beton bertulang (mm^2)
 $A_{s \text{ perlu}}$ = luas tulangan tarik yang diperlukan atau luas minimum tulangan tarik pada komponen struktur beton bertulang (mm^2)
 A_t = luas *tendon* baja prategang (m^2)
 A_{st} = luas tampang nominal satu *strands* (m^2)
 A_{ra} = luas tulangan sengkang arah vertikal (m^2)
 A_{rb} = luas tulangan sengkang arah horizontal (m^2)
 B_1 = lebar lantai kendaraan (m)
 B_2 = lebar trotoar (m)
 B_2 = lebar *slab* bawah *box girder* (m)
 b = lebar objek yang ditinjau (m)
 b_m = lebar median (m)
 b_t = lebar trotoar (m)
 B' = lebar jalur lalu lintas (m)
 B = lebar jalur lalu lintas efektif (m)
 B_{tot} = lebar total plat atas *box girder*
 C_{c1} = gaya internal tekan beton (kN)
 C_{sm} = koefisien respons elastik
 d = tebal efektif plat lantai beton atau jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (m)
 D = diameter tulangan (mm)
 DLA = *dynamic load allowance*
 e = bilangan netral
 e_m = tebal teoritis (m)
 e_p = eksentrisitas pada temperatur (m)

| | |
|-------------|---|
| e_s | = eksentrisitas pada beton (m) |
| E_c | = modulus elastisitas beton (MPa) |
| E_s | = modulus elastisitas baja tulangan (MPa) |
| E_Q | = adalah gaya gempa horizontal statis (kN) |
| E_{WI} | = gaya angin pada kendaraan |
| E_{ws} | = beban angin pada struktur |
| f'_c | = kuat tekan beton (MPa) |
| f'_{ci} | = kuat tekan beton pada keadaan awal (MPa) |
| f_a | = tegangan beton di serat atas (kPa) |
| f_b | = tegangan beton di serat bawah (kPa) |
| f_{eff} | = tegangan efektif <i>strands</i> (kPa) |
| f_p | = tegangan yang terjadi di beton pasca tarik (kPa) |
| f_{ps} | = tegangan yang terjadi di beton karena susut (kPa) |
| f_{py} | = tegangan leleh <i>strands</i> (kPa) |
| f_{pu} | = kuat tarik <i>strands</i> (kPa) |
| f_{ai} | = tegangan ijin tekan pada beton (kPa) |
| f_{bi} | = tegangan ijin tarik pada beton (kPa) |
| f_y | = kuat tarik leleh baja tulangan (kPa) |
| f_s | = tegangan baja yang diijinkan (kPa) |
| f_v | = tegangan geser yang terjadi (kPa) |
| G | = modulus geser beton atau baja (MPa) |
| g | = gaya gravitasi bumi (m/det ²) |
| H | = tinggi dari objek (m) |
| h | = tebal/tinggi dari objek (m) |
| h_{total} | = tebal/tinggi total dari objek (m) |
| I_o | = inersia momen puntir (m ⁴) |
| I_b | = inersia pada bagian atas balok (mm ⁴) |
| I_x | = momen inersia sebuah elemen pada komponen struktur tersusun terhadap sumbu yang memberikan terhadap sumbu titik berat atau sumbu x-x (mm ⁴) |

- I_y = momen inersia sebuah elemen pada komponen struktur tersusun terhadap sumbu yang memberikan terhadap sumbu simetris atau sumbu y-y (mm^4)
 K = keliling penampang *box girder* yang berhubungan dengan udara luar
 K = mutu beton
 K_b = koefisien tergantung pada air semen
 K_e = koefisien tergantung pada tebal teoritis
 K_e = jari-jari inersia penampang *box girder* (m)
 K_p = koefisien tergantung pada luas tulangan baja memanjang
 K_{tn} = koefisien tergantung pada waktu pengerasan beton
 K_{EQ} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat beban gempa
 K_{ET} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat beban pengaruh temperatur atau suhu
 K_{EW} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat beban angin
 K_{MA} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat beban mati tambahan
 K_{MS} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat berat sendiri
 K_{TB} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat gaya rem
 K_{TD} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat beban lajur "D"
 K_{TP} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat beban pejalan kaki
 K_{SR} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat beban susut & rangkak
 K_{PR} = faktor beban untuk keadaan ultimit dan daya layan akibat beban prategang

- L = panjang suatu komponen struktur yang ditinjau (m)
 L_{AV} = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus (m)
 L_E = panjang bentang ekuivalen (m)
 L_{max} = panjang bentang maksimum rata-rata dari kelompok bentang yang disambung secara menerus (m)
 L_x = jarak dari ujung hingga tengah bentang jembatan yang ditinjau (m)
 m = kemiringan diagam gaya (kN/m)
 M_s = momen akibat susut (kN.m)
 M_R = momen akibat rangkak (kN.m)
 M_{Sxa} = momen statis luar bagian atas (m^3)
 M_{Sxb} = momen statis luar bagian bawah (m^3)
 M_{bs} = momen maksimum di tengah bentang (kN.m)
 M_{pt} = momen akibat temperatur (kN.m)
 M_{EQ} = gaya momen akibat beban gempa (kN.m)
 M_{ET} = gaya momen akibat beban temperatur (kN.m)
 M_{EW} = gaya momen akibat beban angin (kN.m)
 M_{MA} = gaya momen akibat beban mati tambahan (kN.m)
 M_{MS} = gaya momen akibat beban berat sendiri (kN.m)
 M_{TB} = gaya momen akibat rem (kN.m)
 M_{TD} = gaya momen akibat beban lajur (kN.m)
 M_{TP} = gaya momen akibat beban *pedestrian* (kN.m)
 M_{PR} = momen akibat prategang (kN.m)
 M_{SR} = momen akibat susut & rangkak (kN.m)
 M_{max} = momen maksimum absolut pada bentang komponen struktur yang ditinjau (kN.m)
 M_n = kekuatan lentur nominal penampang atau kuat momen nominal (kN.m)
 M_{uk} = kapasitas momen *ultimate* pada *box girder* (kN.m)
 M_u = gaya momen akibat beban terfaktor (kN.m)
 n = jumlah benda

- n_s = jumlah *strands* diperlukan (*strands*)
 P_B = tekanan angin dasar
 P_{b1} = besar gaya *prestress* awal (kN)
 P_{bs} = beban putus minimal satu *strands* (kN)
 P_{bta} = *busting force* sengkang arah vertikal (kN)
 P_{btb} = *busting force* sengkang arah horizontal (kN)
 P_{eff} = gaya efektif di tengah bentang balok (kN)s
 P_o = presentase tegangan leleh pada *strand* (kN)
 P_{MAX} = kehilangan tegangan akibat angkur (m)
 P'_{MAX} = kehilangan tegangan akibat angkur (m)
 P_s = gaya internal karena susut (kN)
 P_t = beban putus satu *tendon* (kN)
 P_t = gaya akibat temperatur (kN)
 P_x = kehilangan gaya *prestress* akibat gesek (kN)
 P_x = gaya geser arah x (kN)
 P_y = gaya geser arah y (kN)
 p_{TD} = beban lajur terpusat pada *box girder* (kN)
 p_{TB} = beban rem terpusat pada *box girder* (kN)
 P = beban titik atau beban terpusat (kN, kg)
 P' = beban titik atau beban terpusat yang bekerja pada kepala dinding
 sandaran (kN)
 P_{EW} = beban angin berupa beban titik (kN)
 P_{TT} = beban truk berupa beban titik (kN)
 q = beban merata (kN/m^2)
 Q_{bs} = berat sendiri *box girder prestress* (kN/m)
 Q_{peff} = beban merata yang terjadi saat kehilangan gaya (kN/m)
 Q_{ps} = beban merata yang terjadi saat susut (kN)
 Q_{EQ} = beban merata akibat beban gempa vertikal (kN/m)
 Q_{EW} = beban merata akibat berat angin pada jembatan (kN/m)
 Q_{MA} = beban mati tambahan akibat berat suatu elemen non struktural
 (kN/m^2)

- Q_{MS} = beban mati akibat berat sendiri dari suatu bahan elemen struktural
 (kN/m^2)
 Q_{TB} = berat merata akibat rem (kN/m)
 Q_{TD} = berat merata *box girder* (kN/m)
 Q_{TP} = berat merata trotoar (kN/m)
 r_a = perbandingan lebar plat angkur arah vertikal
 r_b = perbandingan lebar plat angkur arah horizontal
 r° = radius sudut dari suatu penampang baja atau *corner radius* ($^\circ$)
 R_d = faktor modifikasi respons
 R_{max} = faktor ketahanan kekuatan maksimum dari penampang komponen struktur
 R_n = besaran ketahanan atau kekuatan nominal dari penampang komponen struktur
 s_b = selimut beton (m)
 s_{perlu} = jarak atau spasi tulangan minimum atau yang diperlukan (mm)
 t_1 = tebal plat sisi atas *box girer* (m)
 t_2 = tinggi plat pada bagian trotoar (m)
 t_3 = tebal dinding tengah *box girder* (m)
 t_4 = tebal dinding tepi *box girder* (m)
 t_5 = tebal plat sisi bawah *box girder* (m)
 t_a = tebal lapisan aspal pada permukaan lantai jembatan (m)
 t_h = tebal genangan air hujan yang menggenangi lantai kendaraan (m)
 t_s = tebal *railling* (m)
 T_a = temperatur atas ($^\circ\text{C}$)
 T_b = temperatur bawah ($^\circ\text{C}$)
 T_{EW} = gaya nominal akibat beban angin pada jembatan (kN/m)
 T_{EQ} = gaya gempa vertical rencana (kN/m)
 T_{pt} = tinggi plat trotoar (m)
 T_{ps} = gaya internal beton baja prategang (kN)
 T_{TB} = gaya rem (kN)

- V_B = kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm yang akan menghasilkan tekanan
 V_{bs} = gaya geser maksimum di tumpuan (kN)
 V_{EQ} = gaya geser maksimum akibat beban vertikal (kN)
 V_{EW} = gaya geser maksimum akibat beban angin (kN)
 V_{MS} = gaya geser maksimum akibat berat sendiri (kN)
 V_{MA} = gaya geser maksimum akibat beban tambahan (kN)
 V_{TB} = gaya geser maksimum akibat gaya rem (kN)
 V_{TD} = gaya geser maksimum akibat beban lajur (kN)
 V_{TP} = gaya geser maksimum akibat beban rotar atau *pedestrian* (kN)
 V_{DZ} = kecepatan angin rencana pada elevasi rencana
 V_E = kecepatan dasar
 V_0 = kecepatan gesekan angin
 V_r = resultan gaya geser (kN)
 W_a = tahanan momen sisi atas (m^3)
 W_b = tahanan momen sisi bawah(m^3)
 W_t = berat total struktur (kN)
 W'_c = berat volume beton bertulang (kN/ m^3)
 W_c = berat volume beton prestress (kN/ m^3)
 W_{aspal} = berat volume aspal (kN/ m^3)
 W_{air} = berat volume air hujan (kN/ m^3)
 W_t = berat total struktur (kN)
 Y = jarak terhadap alas (m)
 Y_a = letak titik berat terhadap sisi atas *box girder* (m)
 Y_b = letak titik berat terhadap sisi bawah *box girder* (m)
 Z = elevasi struktur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung
 Z_0 = panjang gesekan di hulu jembatan (mm)
 α = koefisien muai panjang beton akibat akibat temperatur ($/{ }^\circ C$)
 α = sudut angkur (${}^\circ$)
 ε = koefisien muai panjang beton ($/{ }^\circ C$)

- ε^b = regangan dasar susut kondisi udara kering
 ε^{cr} = regangan akibat rayapan atau *creep*
 γ = sudut bidang geser ($^\circ$)
 ΔL = panjang tarik masuk (m)
 ΔP = perbedaan keilangan tegangan akibat gesek (m)
 ΔT = perbedaan temperatur pada plat beton ($^\circ\text{C}$)
 Δ_{pe} = kehilangan tegangan akibat pemendekan elastik (kPa)
 $\Delta_{\varepsilon^{su}}$ = pengaruh terhadap susut/ *shrinkage*
 $\Delta \delta_{pe}$ = kehilangan tegangan baja akibat regangan elastik (kPa)
 $\Delta \delta_{pe'}$ = tegangan baja *prestress* sebelum kehilangan prategang (kPa)
 $\Delta \delta_{sc}$ = akumulasi tegangan yang terjadi akibat rayapan atau *creep* (kPa)
 \emptyset_{tul} = diameter tulangan (mm)
 β = koefisien Wobble (rad)
 β = koefisien muai ($^\circ\text{C}$)
 β_1 = faktor distribusi tegangan beton
 ρ_b = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang atau kondisi *balance*
 ρ = rasio tulangan susut (%)
 ρ_p = rasio luas *strands*
 ρ_{max} = rasio tulangan tarik maksimum
 ρ_{min} = rasio tulangan tarik minimum
 ρ_{perlu} = rasio tulangan tarik yang diperlukan
 δ = lendutan yang terjadi dari suatu komponen struktur yang ditinjau (mm)
 σ_1 = tegangan servis akibat berat sendiri saja (kPa)
 σ_2 = tegangan servis akibat beban mati & beban mati tambahan (kPa)
 σ_{bt} = tegangan beton pada level baja akibat gaya prategang (kPa)
 σ_{pi} = tegangan baja *prestress* sebelum kehilangan prategang (kPa)
 σ_{sh} = tegangan susut (kPa)
 σ_{cr} = tegangan akibat rayapan atau *creep* (kPa)
 σ = tegangan teoritis akibat beban momen terfaktor (MPa)

- σ_{ijin} = batas tegangan yang diisyaratkan dari suatu komponen struktur
(MPa)
- φ = faktor reduksi kekuatan
- μ = angka Poisson
- Y_{MS} = faktor beban
- Y_{MS}^S = keadaan batas layan
- Y_{MS}^U = keadaan batas ultimit
- Y_{MS}^{UL} = keadaan batas ultimit
- Φ = faktor reduksi kuat lentur