TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN GELAGAR BETON PRATEGANG TIPE I DAN U PADA JEMBATAN BENTANG MENENGAH

(COMPARATIVE STUDY FOR I AND U GIRDER PRESTRESSED CONCRETE OF MEDIUM SPAN BRIDGE)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil

DedyDarwis
12.511.380

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2016

TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN GELAGAR BETON PRATEGANG TIPE I DAN U PADA JEMBATAN BENTANG MENENGAH

(COMPARATIVE STUDY FOR I AND U GIRDER PRESTRESSED CONCRETE OF MEDIUM SPAN BRIDGE)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil

Dedy Darwis
12.511.380

Disetujui oleh:

Pembimbing 1	**Pembimbing 2**
Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D, AU	**Ir. H. Suharyatma, MT**
Tanggal :	**Tanggal :**

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian - bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang - undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 05 September 2016

Yang membuat pernyataan,

(Materai 6000)

Dedy Darwis

(12 511 380)

HALAMAN DEDIKASI

Tugas akhir penulis dengan judul "Studi Perbandingan Penggunaan Gelagar Beton Prategang Tipe I Dan U Pada Jembatan Bentang Menengah *(Comparative Study For I And U Girder Prestressed Concrete Of Medium Span Bridge)*", penulis dedikasikan kepada keluarga besar yang tak hentinya memberi dukungan secara moril.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

Assalamu'alaikum wr.wb.

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat serta hidayat-Nya. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta pengikutnya. Alhamdulillah penelitian tugas akhir "Studi Perbandingan Penggunaan Gelagar Beton Prategang Tipe I Dan U Pada Jembatan Bentang Menengah *(Comparative Study For I And U Girder Prestressed Concrete Of Medium Span Bridge)*" dapat diselesaikan.

Penelitian tugas akhir ini adalah salah satu syarat yang harus ditempuh mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan derajat Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik SipilFakultas Teknik Sipil dan PerencanaanUniversitas Islam Indonesia.

Terima kasih penyusun ucapkan kepada pihak-pihak yang memberikan dukungan secara materil ataupun dukungan spiritual sehingga penelitian tugas akhir ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih tersebut penyusun sampaikan kepada:

1. Dr. Ir. Harsoyo, M.Sc selaku Rektor Universitas Islam Indonesia;
2. Dr.-Ing. Ir. Widodo, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia;
3. Miftahul F., ST, MT, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta;
4. Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D, AU selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu memberi bimbingan dan nasehat baik secara moral maupun non moral selama penyusunan tugas akhir ini;
5. Ir.H. Suharyatma, MT selaku Dosen Pembimbing 2 yang juga selalu memberi bimbingan pada penulisan tugas akhir ini;

6. keluarga besar yang tak henti - hentinya membimbing dalam menyikapi segala aspek kehidupan;
7. seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Sipil yang telah memberi ilmu dan fasilitas selama perkuliahan;
8. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil (KBMS) UII yang telah membantu saya; dan
9. semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis selama perkuliahan dan penulisan tugas akhir ini.

Penyusun berharap penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan orang lain yang berkiprah di dunia teknik sipil.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Yogyakarta, 15 Oktober 2016

DedyDarwis

12.511.380

DAFTAR ISI

Judul i

Pengesahan ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv

DEDIKASI v

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xvii

DAFTAR LAMPIRAN xxi

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xxii

ABSTRAK xxv

ABSTRACT xxvi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 LATAR BELAKANG 1

1.2 RUMUSAN MASALAH 3

1.3 TUJUAN PERANCANGAN 4

1.4 MANFAAT PERANCANGAN 4

1.5 BATASAN MASALAH 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 STUDI PENELITIAN 6

2.2 KEASLIAN PENELITIAN 10

BAB III LANDASAN TEORI 11

3.1 JENIS-JENIS GELAGAR JEMBATAN BETON PRATEGANG 11

3.1.1 *Precast Concrete Voided Slab* 11

3.1.2 *Box Girder* 12

3.1.3 *Precast Concrete I Girder* 13

3.1.4 *Precast Concrete U Girder* 13

3.3 STRUKTUR ATAS JEMBATAN *(UPPER STRUCTURES)* 14

3.4 PEMBEBANAN RENCANA 15
3.4.1 Aksi Tetap *(Permanent Actions)* 16
A. Berat Sendiri 17
B. Berat Mati Tambahan 17
3.4.2 Aksi Sementara *(Transient Action)* 17
A. BebanLaluLintas 17
B. Gaya Rem 20
C. Pembebanan untuk Pejalan Kaki (TP) 21
D. Beban Rencan *Kerb* 22
3.4.3 Aksi Lingkungan *(Enviromental Action)* 22
A. Akibat Penurunan 22
B. Gaya Angin 22
C. Beban Gempa 23
D. Pengaruh Dari Temperatur 26
3.4.4 Aksi-aksi Lain 28
3.4.5 Kombinasi Beban 28
3.5 PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN 29
3.5.1 Perencanaan Tiang Sandaran 29
3.5.2 Perencanaan Lantai (*Slab*) Trotoar 33
3.5.3 Perencanaan Lantai (*Slab*) Jembatan 34
3.5.4 Perencanaan Penampang Gelagar Beton Prategang 36
3.5.5 Pemeriksaan Tegangan 38
A. Saat Awal *(Transfer)* 39
B. Saat Akhir (Masa Layan / *Service*) 40
3.5.6 Tata Letak Tendon *(Lay Out Tendon)* 42
3.5.7 Kehilangan Gaya Prategang 44
A. Kehilangan Gaya Prategang Langsung 44
B. Kehilangan Gaya Prategang yang Bergantung dengan Waktu 48
3.5.8 Kekuatan Batas Lentur *(Ultimate Strength)* 50
3.5.9 Lendutan *(Deflection)* dan Lawan Lendutan *(Chamber)* 52

3.5.10 Perencanaan Penghubung Geser (*Shear Conector*) 53
BAB IV METODE PERENCANAAN 54
4.1 DATA STRUKTUR 54
4.1.1 Data Material 54
A. Mutu Beton 54
B. Mutu Baja Tulangan 54
4.2 MODEL PERENCANAAN 55
4.4 WAKTU PERENCANAAN 57
4.5 LOKASI PERENCANAAN 59
4.6 ANALISIS PERENCANAAN 59
BAB V DATA, HASIL, DAN PEMBAHASAN 61
5.1 PROPERTIS BAHAN 61
5.2 DESAIN PAGAR TEPI *(BARRIEER)* 62
5.3 PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GELAGAR I 66
5.3.1 Desain Pelat Lantai *(Slab)* Jembatan 66
5.3.2 Desain Gelagar Beton Prategang Penampang I 75
5.3.2.1 Penampang Balok Prategang 75
5.3.2.2 Pembebanan Balok Prategang 81
5.3.2.3 Perhitungan Gaya Prategang, Eksentrisitas dan Jumlah Tendon 98
5.3.2.4 Tendon 102
5.3.2.5 Kehilangan Gaya Prategang *(Loss of Prestress)* 112
5.3.2.6 Tegangan yang Terjadi pada Penampang Balok 118
5.3.2.7 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Beban 123
5.3.2.8 Tinjauan *Ultimate I-Girder* Prategang 128
5.3.2.9 Momen *Ultimate* Akibat Beban 131
5.3.2.10 Lendutan pada *I-Girder* Prategang 132
5.3.2.11 Perhitungan *End Block* 136
5.3.2.12 Peritungan Besi Non-Prategang 139
5.3.2.13 Perhitungan Geser Balok Prategang 141
5.3.2.14 *Shear Connector* 148

5.4 PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GELAGAR U 153
5.4.1 Desain Pelat Lantai *(Slab)* Jembatan 153
5.4.2 Desain Gelagar Beton Prategang Penampang U 162
5.4.2.1 Penampang Balok Prategang 162
5.4.2.2 Pembebanan Balok Prategang 168
5.4.2.3 Perhitungan Gaya Prategang, Eksentrisitas dan Jumlah Tendon 185
5.4.2.4 Tendon 189
5.4.2.5 Kehilangan Gaya Prategang *(Loss of Prestress)* 199
5.4.2.6 Tegangan yang Terjadi pada Penampang Balok 205
5.4.2.7 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan 211
5.4.2.8 Tinjauan *Ultimate U-Girder* Prategang 216
5.4.2.9 Momen *Ultimate* Akibat Beban 219
5.4.2.10 Lendutan pada *U-Girder* Prategang 220
5.4.2.11 Perhitungan *End Block* 224
5.4.2.12 Peritungan Besi Non-Prategang 227
5.4.2.13 Perhitungan Geser Balok Prategang 229
5.4.2.14 *Shear Connector* 234
5.4 DESAIN *SLAB DECK* 238
5.5 PEMBAHASAN 240
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN 245
6.1 SIMPULAN 245
6.1 SARAN 248
DAFTAR PUSTAKA 249
LAMPIRAN 251

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 BahasanTinjauan Pustaka 9
Tabel 3.1 Bentang ekonomis jembatan berdasarkan material 14
Tabel 3.2 Berat Satuan Material 16
Tabel 3.3 Koefisien Seret *(C_w)* 23
Tabel 3.4 Kecepatan Angin Rencana *(V_w)* 23
Tabel 3.5 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal 27
Tabel 3.6 Sifat Bahan Rata-Rata Akibat Pengaruh Temperatur 27
Tabel 3.7 Faktor Beban pada Perencanaan Jembatan 28
Tabel 3.8 Kombinasi Pembebanan pada Saat Keadaan *Ultimate* 29
Tabel 3.9 Luas Tulangan Susut yang Dibutuhkan 35
Tabel 3.10 Sifat – Sifat *Strands* 7 kawat (ASTM A-416) 37
Tabel 3.11 Koefisien Friksi Tendon Paska Tarik 46
Tabel 4.1 Data Teknis Rencana Jembatan 55
Tabel 4.2 Jadwal Penulisan Tugas Akhir (TA) 58
Tabel 5.1 Data Tendon Prategang 61
Tabel 5.2 Data Berat Volume Bahan 61
Tabel 5.3 Rekap Momen pada *Slab* Lantai Jembatan 71
Tabel 5.4 Rekap Momen *Ultimate* Pada *Slab* Lantai Jembatan 71
Tabel 5.5 Dimensi Penampang *I-Girder* 78
Tabel 5.6 Rekap Momen *Ultimate* Penampang *I Girder* 78
Tabel 5.7 Rekap Momen Ultimate Komposit Penampang *I-Girder* Terhadap Alas 80
Tabel 5.8 Berat sendiri struktur atas (Q_{MS}) 83
Tabel 5.9 Berat mati tambahan struktur atas 84
Tabel 5.10 Jenis-Jenis Tanah 91
Tabel 5.11 Rekap Pembebanan Balok Prategang 93
Tabel 5.12 Persamaan Momen dan Gaya Geser pada Balok Prategang 94
Tabel 5.13 Kombinasi Momen pada balok Prategang 95

Tabel 5.14 Kombinasi gaya geser pada balok prategang 96
Tabel 5.15 Data *Strands Cable* 98
Tabel 5.16 Jumlah *Strands* pada I-Girder Prategang di posisi Tengah Bentang 100
Tabel 5.17 Perhitungan Momen pada Titik Tinjau 103
Tabel 5.18 Batas Bawah Letak Tendon 104
Tabel 5.19 Batas Atas Letak Tendon 105
Tabel 5.20 Jumlah *Strands* pada Tiap Posisi Tendon di Tumpuan 107
Tabel 5.21 Perhitungan Lintasan Tendon 109
Tabel 5.22 Sudut Angkur 110
Tabel 5.23 Tata Letak Kabel Tendon 111
Tabel 5.24 Total Kehilangan Gaya Prategang 117
Tabel 5.25 Kombinasi Pembebanan untuk Kontrol Tegangan 124
Tabel 5.26 Rekap Tegangan Yang Terjadi Akibat Pembebanan 125
Tabel 5.27 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 1) 125
Tabel 5.28 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 2) 125
Tabel 5.29 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 3) 126
Tabel 5.30 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 4) 126
Tabel 5.31 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 5) 127
Tabel 5.32 Gaya Tekan Beton dan Momen Nominal 131
Tabel 5.33 Perhitungan Momen *Ultimate* Akibat Beban yang Bekerja 131
Tabel 5.34 Rekapitulasi Perhitungan Lendutan pada Balok *I-Girder* 136
Tabel 5.35 Perhitungan Sengkang Arah Vertikal 138
Tabel 5.36 Perhitungan Sengkang Arah Horizontal 139
Tabel 5.37 Tinjauan Geser Di Atas Garis Netral 145
Tabel 5.38 Tinjauan Geser Di Bawah Garis Netral 146
Tabel 5.39 Rekapitulasi Tulangan Sengkang yang Digunakan 147
Tabel 5.40 Hasil Jarak *Shear Connector* 150
Tabel 5.41 Rekap Momen pada *Slab* Lantai Jembatan 163
Tabel 5.42 Rekap Momen *Ultimate* Pada *Slab* Lantai Jembatan 164
Tabel 5.43 Dimensi Penampang *U-Girder* 179
Tabel 5.44 Rekap Momen *Ultimate* Penampang *U-Girder* Terhadap Alas 179

Tabel 5.45 Rekap Momen *Ultimate* Penampang *U-Girder* Terhadap Alas 180
Tabel 5.46 Rekap Pembebanan Untuk Berat Sendiri 184
Tabel 5.47 Berat Mati Tambahan Struktur Atas 185
Tabel 5.48 Jenis-Jenis Tanah 192
Tabel 5.49 Rekap Pembebanan Balok Prategang 194
Tabel 5.50 Persamaan Momen dan Gaya Geser Pada Balok Prategang 194
Tabel 5.51 Kombinasi Momen pada Balok Prategang 195
Tabel 5.52 Kombinasi Gaya Geser pada Balok Prategang 196
Tabel 5.53 Data *Strands Cable* 199
Tabel 5.54 Jumlah *Strands* pada *U-Girder* Prategang di posisi Tengah Bentang 201
Tabel 5.55 Perhitungan Momen pada Titik Tinjau 204
Tabel 5.56 Batas Bawah Letak Tendon 205
Tabel 5.57 Batas Atas Letak Tendon 206
Tabel 5.58 Jumlah *Strands* pada Tiap Posisi Tendon di Tumpuan 208
Tabel 5.59 Perhitungan Lintasan Tendon 210
Tabel 5.60 Sudut Angkur 211
Tabel 5.61 Tata Letak Kabel Tendon 212
Tabel 5.62 Total Kehilangan Gaya Prategang 218
Tabel 5.63 Kombinasi Pembebanan untuk Kontrol Tegangan 225
Tabel 5.64 Rekap Tegangan Yang Terjadi Akibat Pembebanan 226
Tabel 5.65 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 1) 226
Tabel 5.66 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 2) 226
Tabel 5.67 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 3) 227
Tabel 5.68 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 4) 227
Tabel 5.69 Tegangan Pada Beton Yang Terjadi Akibat Beban (Kombinasi 5) 228
Tabel 5.70 Gaya Tekan Beton dan Momen Nominal 232
Tabel 5.71 Perhitungan Momen *Ultimate* Akibat Beban yang Bekerja 233
Tabel 5.72 Rekapitulasi Perhitungan Lendutan pada Balok *U-Girder* 237
Tabel 5.73 Perhitungan Sengkang Arah Vertikal 240
Tabel 5.74 Perhitungan Sengkang Arah Horizontal 240

Tabel 5.74 Tinjauan Geser Di Atas Garis Netral 245
Tabel 5.75 Tinjauan Geser Di Bawah Garis Netral 246
Tabel 5.76 Rekapitulasi Tulangan Sengkang yang Digunakan 247
Tabel 5.77 Hasil Jarak *Shear Connector* 260
Tabel 5.78 Rekapitulasi Tulangan *Slab deck Precast* 266
Tabel 5.79 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Analisis 266
Tabel 6.1 Perbandingan Penggunaan Struktur Gelagar 247

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 *PrecastConcrete Voided Slab* 12

Gambar 3.2 *Box Girder Prestressed Concrete* 12

Gambar 3.3 *I Girder Prestressed Concrete* 13

Gambar 3.4 *U Girder Prestressed Concrete* 14

Gambar 3.5 Beban Lajur *"D"* 17

Gambar 3.6 Intensitas *Uniformly Distributed Load* 18

Gambar 3.7 Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang Jembatan 19

Gambar 3.8 Faktor Beban Dinamis *(DLA)* 19

Gambar 3.9 Beban Truk "*TT*" 20

Gambar 3.10 Gaya Rem per Lajur 2,75 m (KBU) 21

Gambar 3.11 Pembebanan untuk Pejalan Kaki 21

Gambar 3.12 *Ss*Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan untuk Periode Pendek 25

Gambar 3.13 Koefisien Seret dan Angkat untuk Bermacam-macam Bentuk Pilar 26

Gambar 3.14 Beban Pedestrian 33

Gambar 3.15 Daerah Aman Kabel 44

Gambar 3.23 Perpendekan Elastis 46

Gambar 4.1 Sketsa Tampak Depan Rencana Struktur Atas Jembatan Gelagar I 55

Gambar 4.2 Sketsa Tampak Depan Rencana Struktur Atas Jembatan Gelagar U 55

Gambar 4.3 Sketsa Penampang Gelagar I 56

Gambar 4.4 Sketsa Penampang Gelagar U 56

Gambar 4.7 *Flowchart* Tahap-Tahap Penulisan Tugas Akhir 60

Gambar 5.1 Pembebanan Pada Pagar Tepi 62

Gambar 5.2 Beban Berat Sendiri (*MS*) Plat Lantai 67

Gambar 5.3 Beban beban mati tambahan (*MA*) plat lantai 67

Gambar 5.4 Beban beban truk (*TT*) plat lantai 68

Gambar 5.5 Transfer Beban Angin Terhadap Plat Lantai 69

Gambar 5.6 Beban beban angin (EW) plat lantai 70
Gambar 5.7 Pembesian Slab Lantai Jembatan 75
Gambar 5.8 Penampang Balok Prategang *I-Girder* 77
Gambar 5.9 Penampang Balok Prategang *I-Girder* Komposit 79
Gambar 5.10 Pembebanan berat sendiri struktur atas jembatan 81
Gambar 5.11 Penempatan Diafragma pada Bentang Memanjang *PCI Girder* 82
Gambar 5.12 Pembebanan berat tambahan *(MA)* struktur atas jembatan 84
Gambar 5.13 Pembebanan Lajur "*D*" pada Balok 85
Gambar 5.14 Pembebanan Rem (*TB*) pada Balok 87
Gambar 5.15 Pembebanan Rem (*TB*) pada Balok 88
Gambar 5.16 Pembebanan Angin (EW) pada Balok 89
Gambar 5.17 Wilayah Gempa Indonesia untuk Perioda Ulang 500 Tahun 91
Gambar 5.18 Koefisien Geser Dasar Gempa Wilayah 3 92
Gambar 5.19 Pembebanan Gempa (EQ) pada Balok 93
Gambar 5.20 (a) Diagram momen (*Bending Momen Diagram*),
(b) Diagram geser (*Shear force Diagram*) 97
Gambar 5.21 Gaya Prategang Awal dan Eksentresitas Tendon di
Tengah Bentang 99
Gambar 5.22 Susunan baris tendon ditengah bentang 100
Gambar 5.23 Posisi Tendon Di Tengah Bentang 106
Gambar 5.24 Posisi Tendon Di Tumpuan 107
Gambar 5.25 Lintasan Inti Tendon 109
Gambar 5.26 Posisi *Trace Cable* Pada Jarak Tertentu dari Tumpuan 112
Gambar 5.27 Grafik *Trace Cable* 112
Gambar 5.28 Tegangan Saat *Transfer* 119
Gambar 5.29 Tegangan Saat *Loss of Prestress* 120
Gambar 5.30 Tegangan Saat Setelah Plat dan Balok Menjadi Komposit 122
Gambar 5.31 Sambungan Tekan pada Segmental 127
Gambar 5.32 Kapasitas Penampang *I – Girder* 128
Gambar 5.33 Pembesian Angkur 137
Gambar 5.34 Bagian Penampang Pada Balok Prategang 139

Gambar 5.35 Bagian Penampang Pada Balok Prategang 142
Gambar 5.36 Tulangan Geser *I-Girder* 142
Gambar 5.37 Penampang Gelagar dengan *Shear Connector* 149
Gambar 5.38 Detail Penulangan Geser Balok Prategang 152
Gambar 5.39 Detail Potongan Penulangan Balok Prategang 152
Gambar 5.40 Beban Berat Sendiri (*MS*) Plat Lantai 154
Gambar 5.41 Beban Beban Mati Tambahan (*MA*) Plat Lantai 154
Gambar 5.42 Beban beban truk (*TT*) plat lantai 155
Gambar 5.43 Transfer Beban Angin Terhadap Plat Lantai 156
Gambar 5.44 Beban beban angin (EW) plat lantai 157
Gambar 5.45 Pembesian Slab Lantai Jembatan 162
Gambar 5.46 Penampang balok prategang *U-Girder* 164
Gambar 5.47 Pembebanan Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan 168
Gambar 5.48 Penempatan Diafragma pada Bentang Memanjang *PCU Girder* 169
Gambar 5.49. Pembebanan Berat Tambahan (*MA*) Struktur Atas Jembatan 170
Gambar 5.50 Pembebanan Lajur "*D*" pada Balok 172
Gambar 5.51 Pembebanan Rem (*TB*) pada Balok 174
Gambar 5.52 Pembebanan Rem (*TB*) pada Balok 174
Gambar 5.53 Pembebanan Angin *(EW)* pada Balok 176
Gambar 5.54 Wilayah Gempa Indonesia untuk Perioda Ulang 500 Tahun 177
Gambar 5.55 Koefisien Geser Dasar Gempa Wilayah 3 178
Gambar 5.56 Pembebanan Gempa (EQ) pada Balok 179
Gambar 5.57 (a) Diagram momen (*Bending Momen Diagram*),
(b) Diagram geser (*Shear force Diagram*) 183
Gambar 5.58 Gaya Prategang Awal dan Eksentresitas Tendon
di Tengah Bentang 186
Gambar 5.59 Susunan baris tendon ditengah bentang 187
Gambar 5.60 Posisi Tendon Di Tengah Bentang 193
Gambar 5.61 Posisi Tendon Di Tumpuan 194
Gambar 5.62 Lintasan Inti Tendon 196
Gambar 5.63 Posisi *Trace Cable* Pada Tumpuan dan Tengah Bentang 199

Gambar 5.64 Grafik *Trace Cable* 199
Gambar 5.65 Tegangan Saat *Transfer* 205
Gambar 5.66 Tegangan Saat *Loss of Prestress* 207
Gambar 5.67 Tegangan Saat Setelah Plat dan Balok Menjadi Komposit 209
Gambar 5.68 Sambungan Tekan pada Segmental 215
Gambar 5.69 Kapasitas Penampang *U – Girder* 216
Gambar 5.70 Pembesian Angkur 225
Gambar 5.71 Bagian Penampang Pada Balok Prategang 227
Gambar 5.72 Bagian Penampang Pada Balok Prategang 228
Gambar 5.73 Tulangan Geser *U-Girder* 229
Gambar 5.74 Penampang Gelagar dengan *Shear Connector* 235
Gambar 5.75 *BMD* Akibat Kombinasi Beban 242
Gambar 5.76 *SFD* Akibat Kombinasi Beban 242
Gambar 5.77 Penampang Komposit *I-Girder* 243
Gambar 5.78 Penampang Komposit *U-Girder* 243
Gambar 5.79 Penampang Melintang Jembatan 244
Gambar 6.1 Perbandingan Tegangan yang Terjadi (kN) 246
Gambar 6.2 Perbandingan Tegangan yang Terjadi (MPa) 246
Gambar 6.2 Perbandingan Lendutan yang Terjadi (m) 247

DAFTAR LAMPIRAN

L-1 Rencana Struktur Atas Jembatan Penampang Gelagar Tipe I 251

L-2 Rencana Struktur Atas Jembatan Penampang Gelagar Tipe U 252

L-3 Hasil Perencanaan Dinding Pagar Tepi 253

L-4 Hasil Perencanaan *Slab* Lantai 254

L-5 Rencana Penampang Gelagar Jembatan 255

L-6 Tulangan Non-Prategang 256

L-7 Lintasan Tendon Balok Gelagar 257

L-8 Hasil Perencanaan Lintasan Tendon *Girder* 258

DAFTAR NOTASI

A = luas penampang bruto.

A_n = luas penampang netto.

A_t = luas penampang transformasi.

A_s = luas tulangan tarik.

A'_s = luas tulangan tekan.

A_v = luas tulangan geser dalam jarak s, atau luas tulangan geser yang tegak lurus tulangan tarik lentur dalam jarak s untuk komponen struktur lentur tinggi.

A_{1D} = luas penampang satu batang tulangan.

A_{ps} = luas tulangan prategang.

b = lebar muka tekan suatu komponen struktur.

Bj = berat jenis beton.

$c.g.c$ = *centre gravity of concrete* (kedudukan titik berat penampang)

c_t = jarak garis netral terhadap sisi atas penampang.

c_b = jarak garis netral terhadap sisi bawah penampang.

c_w = koefisien seret.

d = jarak dari serat terluar kepusat berat tulangan tarik.

d' = jarak dari serat tekan kepusat berat tulangan tekan.

d_p = jarak dari serat tekan terluar kepusat berat tulangann prategang.

e = eksentrisitas gaya terhadap terhadap sumbu.

E_c = modulus elastis beton.

E_s = modulus elastis baja

f'_c = kuat tekan beton yang ditetapkan.

f'_{ci} = kuat tekan beton pada saat transfer.

f_{ci} = tegangan ijin serat tekan pada saat *transfer*.

f_{ti} = tegangan ijin serat tarik pada saat *transfer*.

f_{cs} = tegangan ijin serat tekan pada saat layan.

f_{ts} = tegangan ijin serat tarik pada saat layan.

f_{t} = tegangan beton pada serat atas.

f_{b} = tegangan beton pada serat bawah.

f_{y} = kuat leleh tulangan non prategang yang ditetapkan.

f_{ps} = tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal.

f_{pu} = kuat tarik tendon prategang yang ditetapkan.

f_{py} = kuat leleh tendon yang ditetapkan.

g = percepatan grafitasi.

h = tinggi penampang.

I = momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor.

K = faktor beban ultimit.

L = panjang bentang.

LOF = *loss of ptrestress* (kehilangan gaya prategang)

M_{o} = momen akibat berat sendiri.

M_{TD} = momen akibat beban hidup kendaraan.

M_{MA} = momen akibat beban mati tambahan.

M_{TB} = momen akibat beban rem.

M_{EW} = momen akibat beban angin.

M_{TP} = momen akibat beban pejalan kaki.

M_{r} = momen rencana.

M_{t} = momen total *(service)*

M_{n} = kuat momen nominal

n = jumlah tulangan, jumlah tendon prategang

P_{TD} = gaya aksial akibat beban hidup kendaraan.

P_{TP} = gaya aksil akibat beban pejalan kaki.

P_n = kuat beban aksial nominal.

P_e = gaya prategang efektif.

P_o = gaya pretegang awal.

P_u = gaya aksial terfaktor.

R = rasio kehilangan gaya prategang.

r = radius girasi penampang komponen struktur tekan.

S = jarak antar tulangan.

s_t = modulus penampang bagian atas.

s_b = modulus penampang bagian bawah.

T = kopel resultant gaya tarik baja.

T_{EQ} = gaya gempa/gaya geser total.

T_S = gaya tarik tulangan baja non prategang.

T_{PS} = gaya tarik tulangan baja prategang.

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton.

V_u = gaya geser tefaktor di penampang.

Wt = berat total struktur.

y_a = jarak garis netral terhadap sisi atas.

y_b = jarak garis netral terhadap sisi bawah.

z_o = jarak titik berat tendon ke sisi bawah.

β_1 = konstata akuivalen blok tegangan yang tergantung dari mutui beton.

ρ = perbandingan tulangan tarik non-prategang.

$\rho_{\min}$ = perbandingan tulangan pada keadaan regangan minimum.

$\rho_{\max}$ = perbandingan tulangan pada keadaan regangan maksimum.

ε_c = regangan tekan beton.

ε_s = regangan pada baja tulangan.

$Ø$ = faktor reduksi kekuatan.

ABSTRAK

Jembatan adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah, alur sungai, atau bahkan menghubungkan antar pulau. Pemilihan tipe struktur atas pada bentang menengah yang tepat sangatlah penting untuk menekan biaya pelaksanaan, sehingga dilakukan studi perbandingan dalam penggunaan gelagar jembatan dengan menggunakan beton prategang tipe I dan U. Beton prategang dipilih karena mempunyai mutu kualitas yang lebih terjamin dan proses pelaksanaannya yang mudah pada bentang yang realatif lebih panjang.

Peraturan pembebanan pada perencanaan ini didasarkan pada peraturan RSNI T-02-2005 yang memenuhi persyaratan jembatan tahan gempa. Kemudian analisis struktur didasarkan pada RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Analisis struktur atas jembatan menggunakan *software* Ms. Excel 2010 dan SAP 2000 v11, kemudian hasil dari perencanaan digambar menggunakan *software* AutoCAD 2007.

Struktur atas jembatan didisain aman terhadap beban yang bekerja pada konstruksi jembatan tersebut dengan lebar badan jalan 7 m, lebar trotoar 1 m, dan panjang 40 m. Hasil perencanaan jembatan meliputi gelagar yang berbentuk *I*-Girder dan U-*Girder*, masing – masing dengan tebal slab 0,2 m dan tinggi penampang *I-Girder* 2,1 m sedangkan *U-Girder* 1,85 m, dimana kehilangan gaya prategang *I-Girder* adalah 32,825%, lebih kecil daripada *U-Girder* yang mencapai 34,5%. Baja prategang menggunakan strands 7 kawat yang sesuai dengan spesifikasi ASTM A-416 dan digunakan angkur VSL tipe E-55 masing-masing 4 tendon untuk *I-Girder* dan 8 tendon untuk *U-Girder*. Berat Struktur atas akan berpangaruh besar terhadap desain struktur bawah, dengan berat masing-masing 4062,33 kN untuk I-Girder dan 4171,06 kN untuk U-Girder. Pemilihan Jenis Struktur atas yang paling efektif berdasarkan analisis adalah tipe I.

Kata kunci : Jembatan; beton prategang; *I-girder*; *U-girder*

ABSTRACT

The bridge construction is a structure that serves to connect the two sections of road were interrupted by the presence of obstacles such as valleys, ravines, or even connecting the islands. The best selection of the type of structure on the middle span is important to reduce the cost of developing, so that a comparative study for girder bridge by using prestressed concrete type I and U is needed. Prestressed concrete have been selected because they have more assured quality and easy in implementation process at a relative longer spans.

Regulations loading on this planning is based on regulatory RSNI T-02-2005 that fill up requirements of earthquake-resistant bridge. Then the structural analysis is based on RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Analysis of the upper structure of the bridge is using software Ms. Excel 2010 and SAP 2000 v11, then the result of the planning is drawn by using AutoCAD 2007 software.

The structure of the bridge was designed secure for the load acting on the bridge with the construction of the road 7 m wide, wide sidewalks 1 m and a length for 40 m. Girder bridge planning results include the form I-Girder and U-Girder, each one with a thick slab 0.2 m and a cross section height of I-Girder 2.1 m, while the U-Girder 1.85 m, where the loss of prestressing force I-Girder is 32.825%, smaller than the U-Girder which reached 34.5%. Prestressed steel is using strand 7 wire in accordance with ASTM A-416 specifications, and use anchors VSL type E55 each one 4 tendon for I-Girder and 8 tendon for U-Girder. Top heavy structure will greatly affect the design of structures down, with the weight of each 4062.33 kN for I-Girder and 4171.06 kN for U-Girder. Selection type of the most effective structure based on analysis is type I.

***Keywords** : Bridge; prestressed concrete; I-Girder; U-Girder*