

TUGAS AKHIR

**DESAIN ALTERNATIF STRUKTUR ATAS JEMBATAN BENTANG 40M
MENGUNAKAN BETON PRATEGANG PC-I GIRDER**



Disusun oleh :

Sunjaya (41116120069)

Dosen pembimbing :



Ivan Jansen Saragih S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

2021

	LEMBAR PENGESAHAN SIDANG PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCU BUANA	
---	--	---

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 Bentang 40m Menggunakan Beton Prategang PC-I Girder

Disusun oleh :

Nama : Sunjaya
NIM : 41116120069
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diujikan dan dinyatakan **LULUS** pada sidang sarjana :

Tanggal : 29 Mei 2021

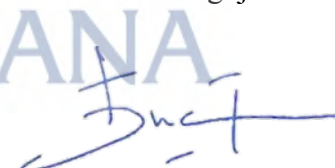
Mengetahui

Pembimbing Tugas Akhir



Ivan Jansesn Saragih S.T., M.T.

Ketua Penguji



Suci Putri Elza S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Sylvia Indriany, M.T.

**LEMBAR PERNYATAAN
SIDANG SARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sunjaya
Nomor Induk Mahasiswa : 41116120069
Program Studi : Teknik Sipil
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.

Jakarta, 03 Juni 2021

Yang memberikan pernyataan



SUNJAYA

ABSTRAK

Judul : Desain Alternatif Struktur Atas Jembatan Bentang 40m Menggunakan Beton Prategang PC-I Girder, Nama : Sunjaya, NIM : 41116120069, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Dosen Pembimbing : Ivan Jansen Saragih S.T., M.T., 2021

Jembatan merupakan sarana transportasi yang berfungsi menghubungkan rute/jalan yang terpisah dikarenakan adanya rintangan seperti danau, rawa, lembah, sungai, jalan raya, jalan kereta api dan perlintasan lainnya. Terdapat beberapa macam tipe jembatan yang salah satunya adalah jembatan beton prategang PC-I Girder. Jembatan PC-I Girder merupakan jembatan beton prategang yang memiliki bentuk penampang I dengan penampang bagian tengah lebih langsing daripada bagian pinggirnya. Pada penelitian ini penulis bermaksud untuk memberikan desain alternatif jembatan beton prategang PC-I Girder dengan bentang 40 m yang semula jembatan tersebut menggunakan jembatan sistem *truss*/rangka baja. Pada penelitian ini lokasi yang akan penulis tinjau yakni kota padang karena lokasi tersebut sangat rentan terhadap gempa. Total Panjang Jembatan ini yakni 40 m dan lebar jembatan 15,2 m sehingga menggunakan 9 buah balok utama PC-I girder dengan tinggi 2 m dan jarak as ke as sebesar 1,8 m. Penggunaan kabel tendon menggunakan 7 wire strand ASTM A-416 grade 270 dengan tegangan tarik putus (fpu) sebesar 1860 MPa, diameter 12,7 mm serta berjumlah 79 strand. Untuk kehilangan gaya prategang sebesar 36,19%. Lendutan yang terjadi pada penampang PC-I Girder akibat beban hidup layan sebesar 21,4 mm. Tulangan memanjang balok PC-I girder bagian atas menggunakan 6D13 dan bagian bawah menggunakan 8D13. Tulangan geser balok PC-I girder 4D13 dengan jarak 100 mm. Perletakan tumpuan menggunakan elastomeric bearing pad dengan dimensi 450 mm x 430 mm x 193 mm.

Kata Kunci : *PC-I Girder, Strand, Elastomeric Bearing Pad.*

ABSTRAK

Title : Alternative Design of Superstructure 40m Span Bridge Using PC-I Girder Prestressed Concrete, Name : Sunjaya, NIM : 41116120069, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Mercu Buana University, Supervisor : Ivan Jansen Saragih S.T., M.T., 2021

Bridges are transportation facilities that function to connect separate routes/roads due to obstacles such as lakes, swamps, valleys, rivers, highways, railroads and other crossings. There are several types of bridges, one of which is the PC-I Girder prestressed concrete bridge. The PC-I Girder bridge is a prestressed concrete bridge that has an I-section shape with a slender middle section than the edges. In this study, the author intends to provide an alternative design for the PC-I Girder prestressed concrete bridge with a span of 40 m, which originally used a truss bridge system/steel frame. In this study, the location that the author will review is the city of Padang because the location is very vulnerable to earthquakes. The total length of this bridge is 40 m and the width of the bridge is 15.2 m, so it uses 9 PC-I girder main beams with a height of 2 m and a distance of 1.8 m from the axle. The use of tendon cables using 7 wire strands ASTM A-416 grade 270 with a tensile stress (fpu) of 1860 MPa, diameter of 12.7 mm and totaling 79 strands. For loss of prestressing force of 36.19%. The deflection that occurs in the PC-I Girder section due to the service life load is 21.4 mm. The longitudinal reinforcement of the PC-I girder beam at the top uses 6D13 and the bottom uses 8D13. PC-I girder 4D13 shear reinforcement with a distance of 100 mm. The pedestal is placed using an elastomeric bearing pad with dimensions of 450 mm x 430 mm x 193 mm.

Keywords: PC-I Girder, Strand, Elastomeric Bearing Pad.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena berkah, rahmat dan karunia-Nya di dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Desain Alternatif Struktur Atas Jembatan Bentang 40m Menggunakan Beton Prategang PC-I Girder” dapat terselesaikan. Proposal Tugas Akhir ini merupakan pengamatan dan implementasi yang telah ditempuh selama masa pendidikan di kampus Universitas Mercubuana serta dengan adanya pengalaman permasalahan dalam dunia kerja.

Dalam proses penyusunan sering ditemukan tantangan dan hambatan yang selalu mengiringi setiap proses yang dialami oleh penulis hingga terselesainya Tugas Akhir ini. Didalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis merasa masih terdapat banyak kekurangan yang dilihat dari segi hasil maupun pentahapan proses yang telah dilaksanakan. Oleh sebab itu, penulis akan selalu berharap adanya masukan positif yang bersifat membangun dari setiap kekurangan tersebut.

Adapun dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapat banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam hal ini, Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung hingga terselesainya Tugas Akhir ini, yaitu :

- 1) Keluarga tercinta, Ibu dan Ayahku serta seluruh keluargaku. Penulis mengucapkan terimakasih untuk semua yang telah diberikan dalam bentuk dukungan, doa, sehingga menjadi motivasi terbesar bagi penulis di dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

- 2) Ivan Jansen Saragih, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang telah membimbing, mengarahkan, memotivasi serta memberikan masukan, yang sangat bermanfaat dan membangun dalam merealisasikan rangkaian penulisan Tugas Akhir ini.
- 3) Ir. Sylvia Indriany, M.T., selaku ketua program studi, seluruh Dosen-dosen pengajar, serta para petugas TU di program studi Teknik Sipil Program Sarjana Universitas Mercubuana yang telah memberikan bantuan, bimbingan, ilmu pengetahuan dan pengalaman serta motivasi yang sangat bermanfaat dalam rangkaian penulisan Tugas Akhir ini dan pelaksanaan perkuliahan di Universitas Mercubuana.
- 4) Rekan-rekan tim Tugas Akhir dan seluruh mahasiswa - mahasiswi program studi Teknik Sipil angkatan 2016 Universitas Mercu Buana yang bersama-sama telah berjuang keras selama proses perkuliahan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini. Terima kasih atas semua diskusi, motivasi, dukungan dan koreksinya.
- 5) Semua pihak pendukung, yang tidak bisa penulis sebutkan satu demi satu yang telah berjasa memberikan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Selain itu Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan segala keterbatasan yang dimiliki oleh penulis. Maka segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun yang dapat membuat Tugas Akhir ini menjadi lebih baik sangat diharapkan oleh penulis. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat positif baik bagi almamater, masyarakat serta pihak-pihak lain yang membutuhkannya serta demi kemajuan ilmu pengetahuan.

Jakarta, Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Identifikasi Masalah	I-2
1.3. Perumusan Masalah	I-2
1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	I-2
1.5. Manfaat Penelitian	I-3
1.6. Pembatasan dan Ruang Lingkup Penelitian.....	I-3
1.7. Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Umum.....	II-1
2.2. Jenis – Jenis Jembatan.....	II-1
2.3. Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan	II-12
2.3.1. Bangunan Atas Jembatan (<i>upper stucture</i>).....	II-12

2.3.2. Bangunan Bawah Jembatan (<i>sub structure</i>)	II-14
2.4. Jembatan Beton Prategang	II-17
2.4.1. Beton Prategang	II-17
2.4.2. Baja Prategang	II-18
2.4.3. Prinsip Dasar Prategang	II-20
2.4.4. Konsep Prategang	II-21
2.4.5. Sistem Pengangkeran	II-24
2.4.6. Analisis Prategang	II-31
2.4.7. Kehilangan Prategang	II-35
2.4.8. Desain Penampang Beton Prategang Terhadap Lentur	II-36
2.4.9. Modulus Penampang Minimum	II-36
2.5. Dasar-Dasar Perhitungan Konstruksi	II-38
2.5.1. Standar Pembebanan Jembatan	II-39
2.5.2. Syarat umum perencanaan struktur beton (RSNI T-12-2004)	II-55
2.5.3. Perhitungan Struktur Atas Jembatan	II-61
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1. Diagram Alir Perencanaan	III-1
3.2. Studi Pustaka	III-2
3.3. Pengumpulan Data	III-2
3.4. Pembebanan Struktur Atas Jembatan	III-3
3.5. Preliminary Design	III-3
3.6. Analisa Gaya Pada Struktur Atas	III-5
3.7. Kontrol Kekuatan dan Kestabilan Struktur Atas Jembatan	III-5
3.8. Penggambaran Hasil Perencanaan	III-5

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Data Perencanaan	IV-1
4.1.1. Spesifikasi Mutu Material	IV-1
4.1.2. Spesifikasi Bentang Jembatan	IV-2
4.1.3. Spesifikasi Penampang	IV-3
4.2. Analisa Properti Penampang	IV-4
4.2.1. Analisis Penampang Lapangan	IV-4
4.2.2. Analisis Penampang Tumpuan	IV-11
4.2.3. Analisis Penampang Lapangan Komposit	IV-18
4.2.4. Analisis Penampang Tumpuan Komposit	IV-25
4.3. Analisis Pembebanan Struktur Jembatan	IV-33
4.3.1. Berat Sendiri (MS)	IV-34
4.3.2. Beban Mati Tambahan / Utilitas (MA)	IV-34
4.3.3. Beban Lajur “D” (TD)	IV-36
4.3.4. Beban Truk (TT)	IV-38
4.3.5. Beban Rem (TB)	IV-39
4.3.6. Beban Angin (Ew)	IV-40
4.3.7. Beban Temperatur (ET)	IV-42
4.3.8. Beban Gempa (EQ)	IV-44
4.3.9. Rekapitulasi Momen Maksimum	IV-45
4.4. Gaya Prategang, Jumlah Tendon dan Posisi Tendon	IV-46
4.4.1. Gaya Prategang Kondisi Awal (Saat Transfer)	IV-46
4.4.2. Perhitungan Jumlah Tendon	IV-47
4.4.3. Posisi Tendon	IV-50
4.4.4. Eksentritas Masing – Masing Tendon	IV-52
4.4.5. Lintasan Inti Tendon	IV-53
4.4.6. Sudut Angkur	IV-54

4.4.7. Pemodelan Tendon Pada Software Midas Civil 2019	IV-55
4.5. Kehilangan Tegangan (<i>Lost Of Prestress</i>)	IV-55
4.5.1. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Angkur.....	IV-55
4.5.2. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Cable (<i>Jack Friction</i>) .	IV-56
4.5.3. Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton.....	IV-57
4.5.4. Kehilangan Tegangan Akibat Slip Pengangkuran	IV-58
4.5.5. Kehilangan Tegangan Akibat Susut Pada Beton	IV-59
4.5.6. Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak Pada Beton.....	IV-60
4.5.7. Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja Prategang.....	IV-63
4.5.8. Kehilangan Tegangan (<i>Lost Of Prestress</i>) Total.....	IV-64
4.6. Gaya Prategang Pada Kondisi Layan (<i>Service</i>)	IV-66
4.7. Momen Dan Gaya Geser Ultimate PC-I Girder	IV-70
4.8. Lendutan Penampang PC-I Girder.....	IV-73
4.9. Perencanaan Tulangan Balok Prategang.....	IV-76
4.9.1. Tulangan Memanjang Balok Prategang	IV-76
4.9.2. Tulangan Geser Balok Prategang.....	IV-84
4.10. Perencanaan <i>Elastomer Bearing Pad</i>	IV-86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran.....	V-3
DAFTAR PUSTAKA.....	PUSTAKA-1
LAMPIRAN	LAMPIRAN-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis Tulangan Prategang	II-19
Tabel 2.2. Faktor Beban Untuk Berat Sendiri.....	II-39
Tabel 2.3. Berat Bahan Nominal dan U.L.S (<i>Ultimate Limit States</i>).....	II-40
Tabel 2.4. Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan	II-41
Tabel 2.5. Faktor Beban Akibat Penyusutan dan Rangkak.....	II-42
Tabel 2.6. Jumlah lajur lalu lintas rencana.....	II-43
Tabel 2.7. Faktor Beban Akibat Beban Lajur “D”	II-43
Tabel 2.8. Faktor beban untuk beban “T”	II-46
Tabel 2.9. Faktor beban akibat pengaruh temperatur/suhu	II-49
Tabel 2.10. Temperatur Jembatan rata-rata normal	II-49
Tabel 2.11. Sifat Bahan Rata-rata Akibat Pengaruh Temperatur	II-49
Tabel 2.12. Parameter T1 dan T2.....	II-51
Tabel 2.13. Kombinasi beban dan faktor beban.....	II-54
Tabel 4.1. Dimensi Partisi Penampang PC-I Lapangan.....	IV-5
Tabel 4.2. Rekapitulasi Properti Penampang PC-I Lapangan.....	IV-10
Tabel 4.3. Dimensi Partisi Penampang PC-I Tumpuan	IV-12
Tabel 4.4. Rekapitulasi Properti Penampang PC-I Tumpuan	IV-17
Tabel 4.5. Dimensi Partisi Penampang PC-I Lapangan Komposit.....	IV-19
Tabel 4.6. Rekapitulasi Properti Penampang PC-I Lapangan Komposit.....	IV-25
Tabel 4.7. Dimensi Partisi Penampang PC-I Tumpuan Komposit	IV-27
Tabel 4.8. Rekapitulasi Properti Penampang PC-I Tumpuan Komposit	IV-33
Tabel 4.9. Koefisien Seret Cw (RSNI 2005)	IV-41

Tabel 4.10. Kecepatan Angin Rencana V_w	IV-41
Tabel 4.11. Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur	IV-42
Tabel 4.12. Temperatur jembatan rata-rata nominal	IV-42
Tabel 4.13. Parameter T_1 , T_2 , dan T_3	IV-43
Tabel 4.14. Rekapitulasi Momen Maksimum	IV-45
Tabel 4.15. Kebutuhan Tendon	IV-48
Tabel 4.16. Eksentritas Tendon	IV-51
Tabel 4.17. Lintasan Tendon	IV-52
Tabel 4.18. Sudut Angkur Tendon 1 – 4	IV-53
Tabel 4.19. Rekapitulasi Kehilangan Tegangan	IV-64
Tabel 4.20. Rekapitulasi Momen dan Geser <i>Ultimate</i>	IV-70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Jembatan Kayu	II-3
Gambar 2.2.	Jembatan Baja	II-4
Gambar 2.3.	Jembatan Beton	II-5
Gambar 2.4.	Jembatan Beton Prategang	II-6
Gambar 2.5.	Jembatan Komposit	II-6
Gambar 2.6.	Jembatan Bambu	II-7
Gambar 2.7.	Jembatan Batu Bata	II-8
Gambar 2.8.	Jembatan plat	II-8
Gambar 2.9.	Jembatan plat berongga	II-9
Gambar 2.10.	Jembatan gelegar	II-9
Gambar 2.11.	Jembatan rangka	II-10
Gambar 2.12.	Jembatan pelengkung	II-10
Gambar 2.13.	Jembatan gantung	II-11
Gambar 2.14.	Jembatan kabel	II-11
Gambar 2.15.	Jembatan cantilever	II-12
Gambar 2.16.	Jenis Baja tendon untuk beton prategang	II-19
Gambar 2.17.	Prinsip-prinsip Prategang Linier dan Melingkar	II-21
Gambar 2.18.	Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Prategang Konsentris	II-22
Gambar 2.19.	Momen Penahan Internal pada Beton Prategang dan Beton Bertulang	II-23
Gambar 2.20.	Balok Beton Menggunakan Baja Mutu Tinggi	II-23

Gambar 2.21. Balok Prategang Dengan Tendon Parabola.....	II-24
Gambar 2.22. Jenis Pengangkeran	II-26
Gambar 2.23. Konsep Pra-Tarik	II-27
Gambar 2.24. Pengangkeran Sistem Pratarik (<i>Pre-tensioning</i>).....	II-28
Gambar 2.25. Konsep Pasca-Tarik	II-29
Gambar 2.26. Pengangkeran Sistem Pascatarik (<i>Post-tensioning</i>) dengan menggunakan jack 1000 ton.....	II-29
Gambar 2.27. Proses Prategang Thermo-Listrik.....	II-30
Gambar 2.28. Prategang Konsentris	II-32
Gambar 2.29. Distribusi Tegangan Tendon Konsentris.....	II-33
Gambar 2.30. Distribusi Tegangan Tendon Eksentris	II-33
Gambar 2.31. Gaya-gaya Penyeimbang Beban Pada Tendon Parabola	II-34
Gambar 2.32. Distribusi Tegangan Balok Prategang dengan Tendon Eksentris Beban mati dan Beban Hidup	II-35
Gambar 2.33. Beban lajur “D”	II-45
Gambar 2.34. Hubungan antara BTR dan panjang yang dibebani	II-45
Gambar 2.35. Alternatif penempatan beban “D” dalam arah memanjang.....	II-45
Gambar 2.36. Pembebanan truk “T”(500 kN)	II-47
Gambar 2.37. Faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D”	II-48
Gambar 2.38. Gradien temperatur vertikal pada bangunan atas beton dan baja	II-51
Gambar 4.1. Potongan Memanjang <i>Girder</i> Tipikal.....	IV-2
Gambar 4.2. Spesifikasi PC-I Girder Pada Tengah Bentang.....	IV-3

Gambar 4.3. Spesifikasi PC-I Girder Pada Tumpuan	IV-3
Gambar 4.4. Pembagian Penampang PC-I Girder Lapangan	IV-4
Gambar 4.5. Pembagian Penampang PC-I Girder Tumpuan	IV-11
Gambar 4.6. Pembagian Penampang PC-I Girder Lapangan Komposit	IV-18
Gambar 4.7. Pembagian Penampang PC-I Girder Tumpuan Komposit.....	IV-26
Gambar 4.8. Ilustrasi Beban Terbagi Rata dan Beban Terbagi Terpusat (SNI 1725:2016)	IV-36
Gambar 4.9. Ilustrasi Beban Truk (SNI 1725:2016)	IV-38
Gambar 4.10. Gradien temperatur vertikal pada bangunan atas beton dan baja (SNI 1725:2016)	IV-43
Gambar 4.11. Hasil respon spektra midas civil	IV-45
Gambar 4.12. Posisi Tendon di Tengah Bentang	IV-49
Gambar 4.13. Posisi Tendon di Tumpuan	IV-50
Gambar 4.14. Eksentritas Tendon.....	IV-51
Gambar 4.15. Pemodelan Tendon Pada Software	IV-54
Gambar 4.16. Grafik Kehilangan Tegangan.....	IV-64
Gambar 4.17. Tegangan beton serat atas kondisi layan.....	IV-66
Gambar 4.18. Tegangan beton serat bawah kondisi layan	IV-67
Gambar 4.19. Momen <i>Ultimate</i> Kombinasi Kuat I	IV-70
Gambar 4.20. Geser <i>Ultimate</i> Kombinasi Kuat I	IV-70
Gambar 4.21. Momen <i>Ultimate</i> Kombinasi Layan II.....	IV-71
Gambar 4.22. Geser <i>Ultimate</i> Kombinasi Layan II.....	IV-71
Gambar 4.23. Lendutan Maksimum Akibat Pembebanan Pasca Konstruksi .	IV-72
Gambar 4.24. Lendutan Maksimum Akibat Rencana Beban Layan	IV-73

Gambar 4.25. Lendutan Maksimum Akibat Beban Tetap Kendaraan.....	IV-74
Gambar 4.26. Lendutan Maksimum Akibat Beban Pedestrian	IV-74
Gambar 4.27. Distribusi tegangan dan regangan di seluruh tinggi balok dan plat..	IV-76
Gambar 4.28. Distribusi Tegangan dan Regangan untuk mencari nilai a	IV-80
Gambar 4.29. Distribusi Tegangan dan Regangan cek momen nominal.....	IV-81
Gambar 4.30. Tulangan Memanjang Girder.....	IV-82
Gambar 4.31. Tulangan Geser Girder.....	IV-84
Gambar 4.32. <i>Elastomeric Bearing</i>	IV-87

