

**ANALISIS KEANDALAN STRUKTUR *FULL SLAB*  
JEMBATAN TOL PORONG GEMPOL**

**TUGAS AKHIR**

**Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil (S1)**



**Disusun oleh :**

**DELIA TRIANGGARINI PARATHON**  
**1553010076**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
SURABAYA  
2020**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KEANDALAN STRUKTUR *FULL SLAB*  
JEMBATAN TOL PORONG GEMPOL**

Oleh :

**Delia Trianggari Parathon**  
**NPM. 1553010076**

**Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Pada Hari Jumat 3 Januari 2020**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Ir. Made Dharma Astawa, MT.**  
**NIDK. 8880523419**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Wahyu Kartini, MT.**  
**NPT. 3.6304.94.0031.1**

**Mengetahui, Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.**



**Dr. Dra. Jarivah, MP.**  
**NIP. 196504031991032001**

# ANALISIS KEANDALAN STRUKTUR *FULL SLAB* JEMBATAN TOL PORONG GEMPOL

Oleh:

DELIA TRIANGGARINI PARATHON

1553010076

## ABSTRAK

Akhir-akhir ini, banyak jembatan yang mengalami kegagalan struktur seperti retaknya lantai kendaraan (*slab*). *Slab* pada jembatan yang berada di Tol Surabaya – gempol ruas Porong – Japaran yaitu *full prestress*. Untuk meminimalisir kasus-kasus serupa lainnya maka diperlukan studi penelitian dengan tujuan menghitung dan memprediksi kegagalan dan keandalan dari struktur yang sudah ada, serta memberikan desain alternatif. Hasil dari analisis pada kondisi *eksisting* jumlah *strand* dan penulangan lentur tidak memenuhi sehingga diberikan desain alternatif berupa perubahan jumlah *strand* 12 menjadi 18 dan 18 menjadi 22. Kasus kegagalan *slab* terjadi karena penurunan tanah sebesar 110 mm dan 240 mm yang melebihi kapasitas ijin penurunan. Berdasarkan analisa yang lebih rasional (*probabilistic* konsep) dengan metode *First Order Second Moment* (FOSM). Sedangkan performa *function* yang diambil berdasarkan syarat tegangan ijin dengan nilai keandalan ( $\beta$ ) > 3, dengan analisis menggunakan program bantu menghasilkan  $\beta$  indeks sebesar 3.19, 3.04, dan 3.42 sehingga struktur memenuhi syarat keamanan.

**Kata Kunci** : keandalan struktur, Metode *First Order Second Moment* (FOSM), *prestress*

# THE ANALYSIS OF RELIABILITY OF THE FULL SLAB STRUCTURE OF PORONG GEMPOL TOLL BRIDGE

By:

DELIA TRIANGGARINI PARATHON  
1553010076

## ABSTRACT

Lately, many bridge had experienced structural failures such as slab cracks. Slab on the bridge is located in Surabaya Toll, Porong - Japanan toll road segment, is namely full prestress. To minimize other similar cases, a research study is needed to calculate and predict the failure and reliability of existing structures, as well as providing alternative designs. The results of the analysis of the existing conditions of the number of strands and flexural reinforcement did not meet, so an alternative design was given in the form of changes in the number of strands 12 to 18 and 18 to 22. The case of slab failure had occurred due to land subsidence of 110 mm and 240 mm which exceeded the permit clearance capacity. Based on a more rational analysis (probabilistic concept) with the First Order Second Moment (FOSM) method. Whereas the performance of the function taken is based on the permit voltage condition with a reliability value ( $\beta$ ) > 3, with analysis using an assist program, it produces  $\beta$  indexes of 3.19, 3.04, and 3.42 so that the structure meets the safety requirements.

**Keywords** : reliability structures, *First Order Second Moment* (FOSM) method, *prestress*

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Keandalan Struktur *Full Slab* Jembatan Tol Porong Gempol”**.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Dra. Jariyah M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu DR. Ir. Minarni Nur Trilita, MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Nugroho Utomo, ST., MT, selaku Dosen Wali yang selalu memberikan saran dan kritik selama perkuliahan dari awal masuk kuliah sampai penyusunan tugas akhir.
4. Bapak DR. Ir. Made D. Astawa, M.T., selaku Dosen Pembimbing I di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur, yang memberikan saran dan masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Ibu Ir. Wahyu Kartini, M.T., selaku dosen pembimbing II di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur yang memberikan saran dan masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
6. Segenap keluarga besar Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

7. Bapak Iman Wimbadi , selaku pembimbing selama penyusunan tugas akhir ini.
8. Kedua orang tua, kedua kakak serta seluruh keluarga besar tercinta, yang telah banyak memberikan kasih sayang, doa dan juga dukungan semangat.
9. Yayan A. Irawan, yang selalu memberi saya saran dan doa selama penyusunan tugas akhir ini.
10. Teman–teman seperjuangan di Teknik Sipil angkatan 2015, yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan mohon maaf apabila didalam tugas akhir ini terdapat kata-kata yang kurang berkenan atau kurang dipahami.

Surabaya, Januari 2020

(Delia Trianggarini Parathon)

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Lokasi Penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Tinjauan Umum.....	4
2.2. Beton Pracetak ( <i>Precast Concrete</i> ) .....	4
2.3. Beton Prategang.....	5
2.3.1. Sistem Prategang.....	5
2.3.2. Prinsip-prinsip Dasar Beton Prategang.....	7
2.3.3. Kehilangan Gaya Prategang.....	10
2.4. Baja Prategang .....	11
2.5. Pelat ( <i>Slab</i> ) .....	12

2.6. Pembebanan <i>Slab</i> .....	13
2.6.1. Beban Mati ( <i>Dead Load</i> ).....	13
2.6.2. Beban Hidup ( <i>Live Load</i> ) .....	13
2.7. Keretakan.....	14
2.8. <i>Shear Connector</i> .....	15
2.9. Keandalan ( <i>Reliability</i> ).....	15
2.10. Analisis Keandalan Struktur.....	16
2.10.1. Variabel Dasar .....	17
2.10.2. Indeks Keandalan.....	19
2.11. <i>First Order Second Moment</i> (FOSM) .....	20
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	22
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	22
3.2. Studi Literatur.....	23
3.3. Pengumpulan Data.....	23
3.4. Pembebanan pada <i>Full Slab</i> .....	23
3.5. Perhitungan Gaya Prategang Awal.....	26
3.6. Kehilangan Gaya Prategang Awal.....	28
3.6.1. Kehilangan Akibat Gesekan .....	28
3.6.2. Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton (ES).....	28
3.6.3. Kehilangan Prategang Akibat Slip Angkur .....	29
3.6.4. Kehilangan Akibat Susut pada Beton .....	29
3.6.5. Kehilangan Akibat Rangkak pada Beton.....	30
3.6.6. Kehilangan Akibat Relaksasi Baja Prategang .....	31
3.7. Perhitungan Penulangan <i>Slab</i> .....	31



3.8.	Perhitungan Kapasitas <i>Shear Connector</i> .....	33
3.8.1.	Kekuatan <i>Shear Connector</i> .....	33
3.8.2.	Jarak <i>Shear Connector</i> .....	33
3.8.3.	Jumlah <i>Shear Connector</i> .....	33
3.9.	Periksa .....	34
3.9.1.	Momen Retak .....	34
3.9.2.	Batas Ijin Lendutan Maksimum .....	34
3.10.	Analisis Keandalan Struktur .....	34
3.10.1.	<i>Limit States</i> (Batas Keadaan) .....	34
3.10.2.	Perhitungan Indeks Keandalan .....	35
3.10.3.	Perhitungan Indeks Keandalan dengan <i>FOSM</i> .....	35
3.10.4.	Perhitungan Keandalan <i>Slab</i> .....	36
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS STRUKTUR</b> .....	<b>37</b>
4.1.	Spesifikasi Data Jembatan .....	37
4.1.1.	Spesifikasi Data <i>Slab</i> .....	37
4.2.	Analisis Stabilitas <i>Full Slab</i> .....	38
4.3.	Pembebanan pada <i>Full Slab</i> .....	44
4.4.	Permodelan Struktur <i>Full Slab</i> .....	56
4.4.1.	Kombinasi Pembebanan .....	56
4.5.	Analisa Struktur <i>Eksisting</i> .....	58
4.5.1.	Periksa Kapasitas <i>Slab</i> Tipe 1B .....	59
4.5.2.	Periksa Kapasitas <i>Slab</i> Tipe 1B' .....	87
4.5.3.	Periksa Kapasitas <i>Slab</i> Tipe 1D .....	112
4.6.	Analisa Kegagalan Struktur <i>Full Slab</i> .....	138



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Lokasi Proyek Jembatan Tol Porong Gempol.....	3
Gambar 2.1.	Sketsa Sistem Pemberian Gaya Prategang Metode Pratarik .....	6
Gambar 2.2.	Sketsa Sistem Pemberian Gaya Prategang Metode Pascatarik ...	7
Gambar 2.3.	Distribusi Tegangan Sepanjang Penampang Beton Prategang Konsentris.....	8
Gambar 2.4.	Balok Beton Menggunakan Baja Mutu Tinggi .....	9
Gambar 2.5.	Balok Prategang dengan Tendon Parabola.....	9
Gambar 2.6.	Kepadatan Probabilitas untuk Batasan Distribusi .....	17
Gambar 2.7.	Analisis Keamanan dikeadaan Normal Koordinat .....	20
Gambar 3.1.	Diagram Alir Analisis Keandalan <i>Full Slab</i> .....	22
Gambar 3.2.	Beban Lajur “D”.....	25
Gambar 3.3.	Pembebanan truk “T” (500 kN) .....	25
Gambar 4.1.	Potongan Memanjang Jembatan Tol Porong Gempol.....	37
Gambar 4.2.	Dimensi <i>Full Slab Eksterior</i> tipe 1B.....	38
Gambar 4.3.	Letak Titik Berat pada <i>Slab Eksterior</i> Tipe 1B.....	39
Gambar 4.4.	Dimensi <i>Full Slab Eksterior</i> tipe 1B’ .....	40
Gambar 4.5.	Letak Titik Berat pada <i>Slab Eksterior</i> Tipe 1B’ .....	41
Gambar 4.6.	Dimensi <i>Full Slab Interior</i> Tipe 1D.....	42
Gambar 4.7.	Letak titik berat pada <i>Slab Interior</i> tipe 1D .....	43
Gambar 4.8.	Garis Pengaruh Momen dan Geser Akibat Satu Truk “TT” .....	52
Gambar 4.9.	Permodelan Struktur.....	56
Gambar 4.10.	Hasil Output Gaya Geser pada Tumpuan.....	57

Gambar 4.11. Hasil Output Gaya Momen pada Tumpuan.....	57
Gambar 4.12. Hasil Output Gaya Defleksi pada Tumpuan .....	57
Gambar 4.13. Hasil Output Gaya Geser pada Lapangan .....	58
Gambar 4.14. Hasil Output Gaya Momen pada Lapangan .....	58
Gambar 4.15. Hasil Output Gaya Defleksi pada Lapangan.....	58
Gambar 4.16. Kondisi Strand <i>Eksisiting Slab</i> tipe 1B' .....	61
Gambar 4.17. Tegangan Awal .....	62
Gambar 4.18. Tegangan Akhir Akibat Berat Sendiri.....	73
Gambar 4.19. Tegangan Akhir Akibat Berat Sendiri dan Bekerja .....	73
Gambar 4.20. Ilustrasi Geser Pons .....	83
Gambar 4.21. Kondisi Strand <i>Eksisiting Slab</i> tipe 1B' .....	87
Gambar 4.22. Tegangan Awal .....	88
Gambar 4.23. Tegangan Akhir Berat Sendiri.....	99
Gambar 4.24. Tegangan Akhir Berat Sendiri dan Bekerja .....	99
Gambar 4.25. Ilustrasi Geser Pons .....	109
Gambar 4.26. Kondisi Strand <i>Eksisting Slab</i> tipe 1D .....	112
Gambar 4.27. Tegangan Awal .....	114
Gambar 4.28. Tegangan Akhir Berat Sendiri.....	125
Gambar 4.29. Tegangan Akhir Berat Sendiri dan Bekerja .....	125
Gambar 4.30. Ilustrasi Geser Pons .....	135
Gambar 4.31. Tegangan Awal .....	143
Gambar 4.32. Kondisi Strand Desain <i>Slab</i> Tipe 1B.....	143
Gambar 4.33. Tegangan Akhir Berat Sendiri.....	154
Gambar 4.34. Tegangan Akhir Berat Sendiri dan Bekerja .....	154

Gambar 4.35. Tegangan Akhir pada Tumpuan.....	155
Gambar 4.36. Ilustrasi Geser Pons.....	163
Gambar 4.37. Tegangan Awal .....	169
Gambar 4.38. Kondisis Strand Desain <i>Slab</i> Tipe 1B'.....	169
Gambar 4.39. Tegangan Akhir Berat Sendiri.....	180
Gambar 4.40. Tegangan Akhir Berat Sendiri dan Bekerja .....	180
Gambar 4.41. Tegangan Akhir pada Tumpuan.....	181
Gambar 4.42. Ilustrasi Geser Pons.....	189
Gambar 4.43. Tegangan Awal .....	194
Gambar 4.44. Kondisi Strand Desain <i>Slab</i> Tipe 1D .....	195
Gambar 4.45. Tegangan Akhir Berat Sendiri.....	205
Gambar 4.46. Tegangan Akhir Berat Sendiri dan Bekerja .....	206
Gambar 4.47. Tegangan Akhir pada Tumpuan.....	206
Gambar 4.48. Ilustrasi Geser Pons.....	214
Gambar 4.49. Detail Plat <i>Bursting Steel</i> .....	218
Gambar 4.50. Ilustrasi <i>Shear Connector</i> .....	224
Gambar 4.51. Sambungan pada Proses <i>Assembly</i> .....	228
Gambar 4.52. Keadaan <i>Full Slab</i> Sebelum <i>Grouting</i> .....	229
Gambar 4.53. Potongan Melintang Jembatan Tol Porong Gempol .....	229
Gambar 4.54. Grafik Hubungan Nilai Indeks Keandalan ( $\beta$ ) dengan <i>Coef. of Variation</i> Beton <i>Full Slab</i> Tipe 1B.....	236
Gambar 4.55. Grafik Hubungan Nilai Indeks Keandalan ( $\beta$ ) dengan <i>Safety of Factor</i> <i>Full Slab</i> Tipe 1B.....	236

Gambar 4.56. Grafik Hubungan Nilai Indeks Keandalan ( $\beta$ ) dengan <i>Probabilistic of Failure Full Slab Tipe 1B</i> .....	237
Gambar 4.57. Grafik Hubungan Nilai Indeks Keandalan ( $\beta$ ) dengan <i>Probabilistic of Safety Full Slab Tipe 1B</i> .....	237

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Hubungan Nilai Indeks Keandalan ( $\beta$ ) dengan Tingkat Kinerja.	19
Tabel 4.1.	Nilai Momen Statis <i>Slab Eksterior</i> Tipe 1B.....	38
Tabel 4.2.	Nilai Momen Inersia <i>Slab Eksterior</i> Tipe 1B.....	39
Tabel 4.3.	Nilai Momen Statis <i>Slab Eksterior</i> Tipe 1B' .....	40
Tabel 4.4.	Nilai Momen Inersia <i>Slab Eksterior</i> Tipe 1B' .....	41
Tabel 4.5.	Nilai Momen Statis <i>Slab Interior</i> Tipe 1D.....	42
Tabel 4.6.	Nilai Momen Inersia <i>Slab Interior</i> Tipe 1D.....	43
Tabel 4.7.	Hasil Perhitungan Reaksi Perletakan dan Momen pada <i>Slab</i> .....	55
Tabel 4.8.	Nilai $K_{SH}$ untuk Komponen Struktur Pasca Tarik.....	69
Tabel 4.9.	Nilai $K_{SH}$ untuk Komponen Struktur Pasca Tarik.....	95
Tabel 4.10.	Nilai $K_{SH}$ untuk Komponen Struktur Pasca Tarik.....	121
Tabel 4.11.	Nilai $K_{SH}$ untuk Komponen Struktur Pasca Tarik.....	150
Tabel 4.12.	Nilai $K_{SH}$ untuk Komponen Struktur Pasca Tarik.....	176
Tabel 4.13.	Nilai $K_{SH}$ untuk Komponen Struktur Pasca Tarik.....	201
Tabel 4.14.	Nilai Indeks Keandalan ( $\beta$ ) dengan Beragam <i>Coef. Of Variation</i> Beton $\sigma_{tk}$ <i>Slab</i> Tipe 1B.....	234
Tabel 4.15.	Nilai Indeks Keandalan ( $\beta$ ) dengan Beragam <i>Coef. Of Variation</i> Beton $\sigma_{tk}$ <i>Slab</i> Tipe 1B' .....	235
Tabel 4.16.	Nilai Indeks Keandalan ( $\beta$ ) dengan Beragam <i>Coef. Of Variation</i> Beton $\sigma_{tk}$ <i>Slab</i> Tipe 1D .....	235