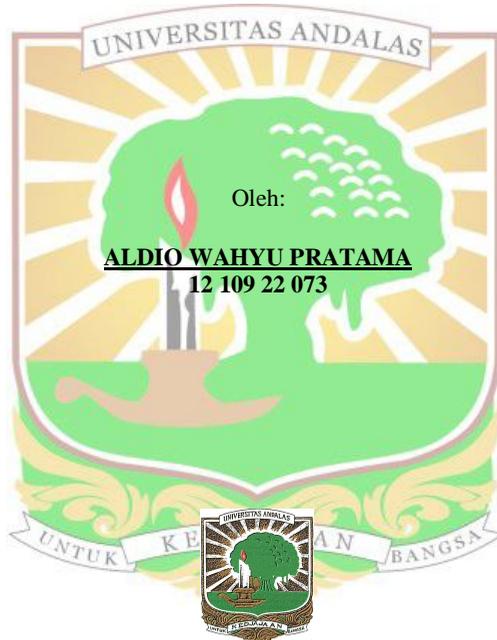


**ANALISIS RESPONS STRUKTUR ATAS JEMBATAN
PRESTRESSED KURANJI AKIBAT GEMPA
HORIZONTAL**

TUGAS AKHIR



**JURUSAN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2016**

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya mahasiswa Universitas Andalas yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama lengkap : Aldio Wahyu Pratama
No. BP/NIM/NIDN : 1210922073
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Andalas hak atas publikasi *online* Tugas Akhir saya yang berjudul:

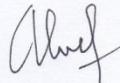
Analisis Respons Struktur Atas Jembatan Prestressed Kuranji Akibat Gempa Horizontal

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Universitas Andalas juga berhak untuk menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola, merawat, dan mempublikasikan karya saya tersebut di atas selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Padang

Pada tanggal Juli 2016

Yang menyatakan,



(Aldio Wahyu Pratama)

**ANALISIS RESPONS STRUKTUR ATAS JEMBATAN
PRESTRESSED KURANJI AKIBAT GEMPA
HORIZONTAL**

TUGAS AKHIR

Oleh:

ALDIO WAHYU PRATAMA
12 109 22 073



**JURUSAN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2016**

**ANALISIS RESPONS STRUKTUR ATAS JEMBATAN
PRESTRESSED KURANJI AKIBAT GEMPA
HORIZONTAL**

TUGAS AKHIR

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Andalas Padang*

Oleh:

ALDIO WAHYU PRATAMA
12 109 22 073

Pembimbing:

MASRILAYANTI, Ph.D



**JURUSAN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2016**

JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG

ANALISIS RESPONS STRUKTUR ATAS JEMBATAN
PRESTRESSED KURANJI AKIBAT GEMPA
HORIZONTAL



Oleh :

NAMA : ALDIO WAHYU PRATAMA
BP : 1210922073

Disahkan oleh :
Pembimbing



MASRILAYANTI, Ph.D

NIP. 19751219200112001

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

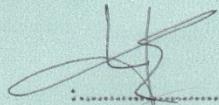
ANALISIS RESPONS STRUKTUR ATAS JEMBATAN PRESTRESSED KURANJI AKIBAT GEMPA HORIZONTAL

NAMA : ALDIO WAHYU PRATAMA
BP : 1210922073

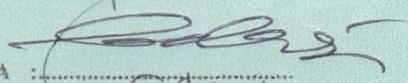
Telah diuji dan dipertahankan dalam Ujian Sidang Tugas Akhir
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas
Pada : Kamis, 21 Juli 2016

TIM PENGUJI

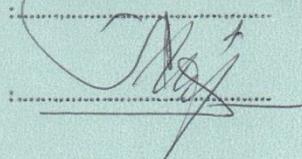
1. Masrilayanti, Ph.D


:.....

2. Dr. Badrul Mustafa Kemal, DEA


:.....

3. Sunaryo, M.Eng


:.....

ABSTRAK

Jembatan mempunyai arti penting karena berfungsi sebagai penghubung antara dua tempat yang terpisah karena beberapa kondisi. Salah satu jenis jembatan yang banyak digunakan adalah jembatan *prestressed*. Jembatan *prestressed* merupakan salah satu jenis jembatan dengan material konstruksi beton prategang atau beton yang berisi kabel baja dengan tujuan untuk memberikan tegangan awal berupa tegangan tarik terhadap beton akibat sifat beton yang tidak mampu menahan gaya tarik. Pembangunan Jembatan Kuranji di Kota Padang menggunakan struktur beton prategang. Jembatan tersebut berada di wilayah Sumatera Barat yang merupakan daerah yang rawan terhadap gempa. Sehingga pada jembatan tersebut perlu dilakukan suatu analisis untuk mengetahui ketahanan jembatan tersebut terhadap gaya gempa. Pada tugas akhir ini dilakukan analisis perilaku struktur atas jembatan *prestressed* Kuranji akibat pengaruh gempa horizontal (arah longitudinal dan transversal) dan membandingkan respons struktur akibat gempa arah longitudinal dan gempa arah transversal tersebut. Respons struktur yang dilihat yaitu perpindahan dan gaya dalam baik itu momen, gaya aksial, dan gaya geser pada struktur jembatan akibat beban gempa. Beban gempa didefinisikan berupa respons spektrum untuk wilayah kota Padang dengan kondisi tanah sedang dan *software* yang digunakan untuk mengetahui respons struktur adalah SAP2000. Pada analisis ini didapatkan perbandingan respons struktur antara beban gempa arah longitudinal dan beban gempa arah transversal.

Kata kunci : *jembatan prestressed, respon spektrum, gempa arah longitudinal, gempa arah transversal*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya, tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Respons Struktur Atas Jembatan Prestressed Kuranji Akibat Gempa Horizontal” dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk penyelesaian Program S-1 di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.

Pada kesempatan kali ini, ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada :

1. Orang tua dan seluruh keluarga, atas segala doa, dukungan, dan semangat yang diberikan.
2. Ibu Masrilayanti, Ph.D selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan motivasi yang diberikan.
3. Seluruh dosen, staf pengajar dan karyawan/ti, serta rekan-rekan mahasiswa di lingkungan Fakultas Teknik khususnya Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak.

Akhir kata, mohon maaf atas segala kekurangan, dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan kita semua.

Padang, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GRAFIK	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jembatan Beton Prategang	5
2.1.1 Umum	5
2.1.2 Penggunaan Baja Prategang	8
2.1.3 Prinsip Dasar Prategang	9
2.1.4 Metode Prategang	14
2.2 Teori Gempa Bumi	17
2.2.1 Umum	17
2.2.2 Peraturan Gempa	19
2.2.2 Respon Spektrum	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Jembatan Beton Prategang	25
3.1.1 Tinjauan Pustaka dan Studi Literatur	26
3.1.2 Pengumpulan Data	26

3.1.3 Permodelan Struktur Jembatan.....	26
3.1.4 Analisis Statis	26
3.1.5 Modal Analisis.....	26
3.1.6 Analisis Dinamis.....	27
3.1.7 Analisa Hasil Dan Pembahasan.....	27
3.1.8 Kesimpulan dan Saran.....	27
3.2 Studi Kasus	27

BAB IV PROSEDUR DAN HASIL KERJA

4.1 Prosedur Kerja.....	29
4.1.1 Menentukan Propertis Penampang.....	29
4.1.2 Permodelan Struktur Jembatan	29
4.1.3 Analisis Statis.....	30
4.1.4 Modal Analisis.....	31
4.1.5 Respon Spektrum.....	31
4.1.6 Analisis Dinamis.....	33
4.1.7 Analisa Struktur.....	34
4.2 Hasil Kerja.....	35
4.2.1 Analisis Modal.....	36
4.2.2 Analisis Statis	37
4.2.2.1 Gaya Dalam.....	37
4.2.2.2 <i>Displacement</i>	39
4.2.3 Analisis Dinamis Arah Longitudinal	40
4.2.3.1 Gaya Dalam.....	40
4.2.3.2 <i>Displacement</i>	42
4.2.4 Analisis Dinamis Arah Transversal	43
4.2.4.1 Gaya Dalam.....	43
4.2.4.2 <i>Displacement</i>	45

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Massa Participation Ratio* dan Periode 47

5.2 Perbandingan Respon Struktur dan Gaya Dalam Akibat Beban
Gempa Arah Longitudinal dan Arah Transversal..... 49

5.2.1 *Displacement*/Perpindahan 49

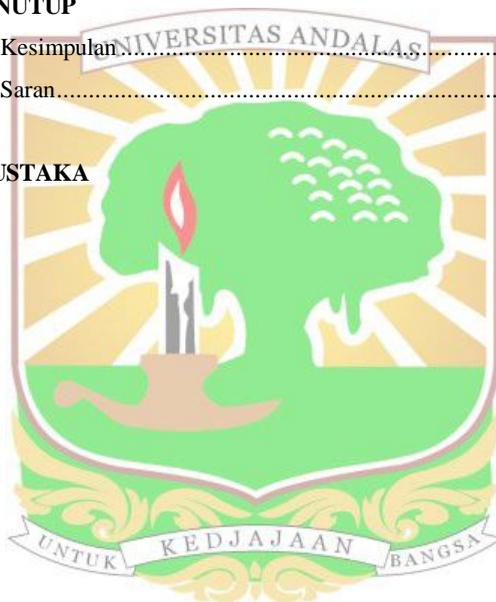
5.2.2 Gaya Dalam..... 51

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan..... 55

6.2 Saran..... 56

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1** Komponen-komponen Jembatan
- Gambar 2.2** Diagram Tegangan-Regangan pada Beton
- Gambar 2.3** Distribusi Tegangan Beton Prategang
- Gambar 2.4** Momen Penahan Internal pada Balok Beton Prategang dan Beton Bertulang
- Gambar 2.5** Balok Beton Menggunakan Baja Mutu Tinggi
- Gambar 2.6** Balok Prategang dengan Tendon Parabola
- Gambar 2.7** Prinsip Metode Pratarik
- Gambar 2.8** Prinsip Metode Pascatarik
- Gambar 2.9** Peta Wilayah Gempa Indonesia Berdasarkan Parameter S_s
- Gambar 2.10** Peta Wilayah Gempa Indonesia Berdasarkan Parameter S_1
- Gambar 2.11** (a) Bentuk respons spektrum dan (b) Sistem SDOF yang dipengaruhi pergerakan tanah
- Gambar 2.12** Contoh Respons Spektrum Salah Satu Wilayah di Indonesia
- Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir
- Gambar 3.2** Penampang Memanjang Jembatan
- Gambar 4.1** Permodelan Struktur Atas Jembatan Kuranji
- Gambar 4.2** Penentuan Respons Spektrum di Permukaan Tanah untuk Jembatan
- Gambar 4.3** Grafik Periode vs Percepatan untuk Semua Jenis Tanah
- Gambar 4.4** Respon Spektrum Kota Padang
- Gambar 4.5** Respon Spektrum Kota Padang yang Diinput pada SAP2000
- Gambar 4.6** Pendefinisian Beban Gempa pada SAP2000
- Gambar 4.7** Titik Tinjau Joint pada Gelagar
- Gambar 4.8** Titik Tinjau Frame pada Gelagar Memanjang
- Gambar 4.9** Titik Tinjau Frame pada Gelagar Melintang

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1** Tipikal Baja Prategang
- Tabel 4.1** Data *Seismic*
- Tabel 4.2** *Mode Shape* (Perubahan Bentuk)
- Tabel 4.3** *Modal Load Participation Ratio*
- Tabel 4.4** Gaya Dalam Gelagar Memanjang Analisis Statis
- Tabel 4.5** Gaya Dalam Gelagar Melintang Analisis Statis
- Table 4.6** *Displacement* Gelagar Analisis Statis
- Tabel 4.7** Gaya Dalam Gelagar Memanjang Analisis Dinamis Arah Longitudinal
- Tabel 4.8** Gaya Dalam Gelagar Melintang Analisis Dinamis Arah Longitudinal
- Tabel 4.9** *Displacement* Gelagar Analisis Dinamis Arah Longitudinal
- Tabel 4.10** Gaya Dalam Gelagar Memanjang Analisis Dinamis Arah Transversal
- Tabel 4.11** Gaya Dalam Gelagar Melintang Analisis Dinamis Arah Transversal
- Table 4.12** *Displacement* Gelagar Analisis Dinamis Arah Transversal
- Tabel 5.1** Perpindahan Arah x Akibat Beban Gempa
- Tabel 5.2** Perpindahan Arah y Akibat Beban Gempa
- Tabel 5.3** Perpindahan Arah z Akibat Beban Gempa
- Tabel 5.4** Gaya Aksial pada Gelagar Memanjang
- Tabel 5.5** Gaya Aksial pada Gelagar Melintang
- Tabel 5.6** Gaya Geser pada Gelagar Memanjang
- Tabel 5.7** Gaya Geser pada Gelagar Melintang
- Tabel 5.8** Momen pada Gelagar Memanjang
- Tabel 5.9** Momen pada Gelagar Melintang

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1 Perpindahan Arah x

Grafik 5.2 Perpindahan Arah y

Grafik 5.3 Perpindahan Arah z

Grafik 5.4 Gaya Aksial Pada Gelagar Memanjang

Grafik 5.5 Gaya Aksial Pada Gelagar Melintang

Grafik 5.6 Gaya Geser Pada Gelagar Memanjang

Grafik 5.7 Gaya Geser Pada Gelagar Melintang

Grafik 5.8 Momen Pada Gelagar Memanjang

Grafik 5.9 Momen Pada Gelagar Melintang



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan mempunyai arti penting bagi setiap orang. Akan tetapi tingkat kepentingannya tidak sama bagi setiap orang. Suatu jembatan tunggal diatas sungai kecil akan dipandang berbeda oleh tiap orang, sebab penglihatan/ pandangan masing-masing orang yang melihat berbeda pula. Seseorang yang melintasi jembatan setiap hari pada saat pergi bekerja, hanya dapat melintasi sungai bila ada jembatan, dan ia menyatakan bahwa jembatan adalah sebuah jalan yang diberi sandaran pada tepinya. Tentunya bagi seorang pemimpin pemerintahan dan dunia bisnis akan memandang hal yang berbeda pula.

Jembatan adalah suatu struktur yang berfungsi sebagai lintasan untuk memperpendek jarak dengan menyeberangi suatu rintangan tanpa menutup rintangan itu sendiri. Lintasan yang dimaksud disini adalah berupa jalan raya/jalan rel, pejalan kaki, kanal atau pipa-pipa penyalur. Rintangan yang dimaksud adalah dapat berupa sungai, jalan raya atau lembah. (Dusmara, 2007).

Jika dibandingkan kayu, beton bertulang atau baja, penggunaan beton prategang pada struktur atas jembatan tergolong relatif baru. Hal ini tidak terlepas dari kemajuan teknologi bahan. Perkembangan teknologi prategang diawali dengan penggunaan kawat baja berkekuatan tinggi disamping beton mutu tinggi, inilah yang dikenal sebagai beton prategang. Hingga saat ini penggunaan sistem beton prategang untuk struktur jembatan khususnya bentang menengah dan panjang melaju dengan pesat dan bersaing dengan

struktur baja, bahkan dengan dikembangkannya sistem kantilever dan *cable stayed*, struktur beton prategang menjadi trend jembatan berbentang panjang mengalahkan struktur baja yang telah berkembang terlebih dahulu.

Pembangunan jembatan Kuranji di kota Padang menggunakan struktur beton prategang. Jembatan tersebut berada di wilayah Sumatera Barat yang merupakan daerah yang rawan terhadap gempa. Dalam pembangunan jembatan gaya gempa harus diperhitungkan agar struktur jembatan tersebut memiliki ketahanan terhadap gaya gempa. Sehingga, pada jembatan tersebut diperlukan suatu analisis yang lebih kompleks untuk mengetahui perilaku dinamik atau gempa.

Pada struktur jembatan, pengaruh gempa arah horizontal akan lebih dominan dibandingkan arah vertikal. Hal ini disebabkan karena desain struktur jembatan biasanya memiliki faktor keamanan yang cukup terhadap gempa vertikal. Maka dari itu, yang menjadi dasar dalam studi analisis ini yaitu seberapa besar pengaruh gaya gempa arah horizontal terhadap struktur jembatan.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis perilaku struktur atas jembatan *prestressed* Kuranji akibat pengaruh gempa arah horizontal (arah longitudinal dan transversal) dan membandingkan respons struktur akibat gempa arah longitudinal dan arah transversal tersebut.

Manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah dapat memberikan pemahaman tentang jembatan beton prategang serta

mengetahui respon struktur dari jembatan prategang apabila diberi gempa arah horizontal (arah longitudinal dan transversal).

1.3 Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan pengetahuan dan waktu pengerjaan, pada perencanaan ini penulis mengambil batasan:

- a. Jenis jembatan adalah jembatan beton prategang.
- b. Studi kasus pada Jembatan Kuranji di Kota Padang.
- c. Permodelan struktur jembatan menggunakan SAP2000.
- d. Beban gempa didefinisikan berupa respon spektrum.
- e. Analisa struktur hanya pada struktur atas jembatan.
- f. Beban-beban yang diperhitungkan dalam analisa struktur adalah beban gempa dan beban akibat berat sendiri dari jembatan, serta beban hidup dari lalu lintas. Beban dinamis lainnya seperti beban angin dan beban gelombang diabaikan.
- g. Beban gempa rencana yang digunakan berdasarkan SNI 03-1726-2012 yang diaplikasikan pada struktur jembatan arah sumbu-x dan arah sumbu-y.
- h. Analisa struktur dilakukan untuk mengetahui gaya dalam dan perpindahan yang terjadi, baik statis maupun dinamis.

1.4 Sistematika Penulisan

Untuk menghasilkan penulisan yang baik dan terarah maka penulisan tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bab yang membahas hal-hal berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan masalah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Terdiri dari data umum tentang jembatan beton prategang, teori gempa bumi dan respon spektrum.

BAB III METODOLOGI

Berisikan tentang diagram alir pengerjaan tugas akhir dan metodolgi penelitian.

BAB IV PROSEDUR DAN HASIL KERJA

Meliputi prosedur-prosedur dan hasil kerja.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Meliputi hasil yang diperoleh dan penyajian dalam bentuk gambar, grafik, tabel serta pembahasan.

BAB VI KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan penelitian dan saran.

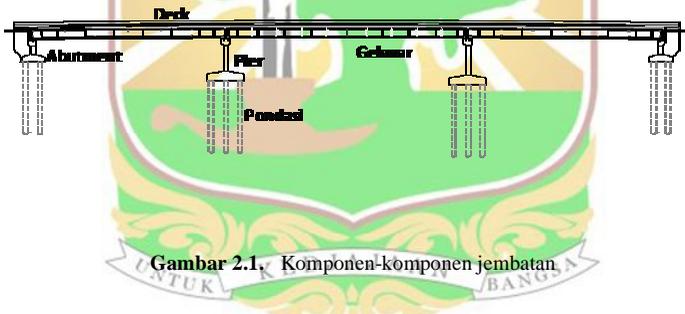
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jembatan Beton Prategang

2.1.1. Umum

Jembatan merupakan komponen infrastruktur yang sangat penting karena berfungsi sebagai penghubung dua tempat yang terpisah akibat beberapa kondisi. Komponen-komponen yang membentuk jembatan diantaranya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1. Komponen-komponen jembatan.

- *Girder* atau gelagar merupakan balok yang membentang secara memanjang maupun melintang yang berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban yang bekerja dari atas jembatan dan meneruskannya ke bagian struktur bawah jembatan.
- *Abutment* atau lebih dikenal dengan perletakan jembatan berfungsi sebagai pendukung struktur jembatan sekaligus

penerima beban dari gelagar dan meneruskannya ke tanah dasar.

- *Railing* atau tiang sandaran pada jembatan berfungsi sebagai pembatas dan keperluan keamanan untuk pengguna jembatan.
- Plat lantai jembatan merupakan bagian dari struktur atas jembatan dimana merupakan tempat kendaraan untuk lewat. Secara fungsi, plat lantai jembatan merupakan struktur pertama yang menerima beban dan meneruskannya kegelagar utama.

Beton adalah material yang kuat terhadap kondisi tekan, akan tetapi material yang lemah terhadap kondisi tarik. Kuat tarik beton bervariasi mulai dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya. Rendahnya kapasitas tarik beton menimbulkan terjadinya retak lentur pada taraf pembebanan yang masih rendah. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya konsentris atau eksentris diberikan dalam arah longitudinal elemen struktural.

Gaya longitudinal tersebut disebut gaya prategang, yaitu gaya tekan yang memberikan prategang pada penampang di sepanjang bentang suatu elemen struktural sebelum bekerjanya beban mati dan beban hidup transversal atau beban hidup horizontal transien. Gaya prategang ini berupa tendon yang diberikan tegangan awal sebelum memikul beban kerjanya yang berfungsi mengurangi atau menghilangkan tegangan tarik pada

2.1.2. Penggunaan Baja Prategang

Untuk penggunaan pada beban layan yang tinggi, penggunaan baja tulangan (tendon) dan beton mutu tinggi akan lebih efisien. Hanya baja pada tegangan elastis tinggi yang cocok digunakan pada beton prategang. Penggunaan baja tulangan mutu tinggi bukan saja merupakan suatu keuntungan, tetapi merupakan suatu keharusan. Prategang akan menghasilkan elemen yang lebih ringan, bentang yang lebih besar dan lebih ekonomis jika ditinjau dari segi pemasangannya dibandingkan dari beton bertulang biasa.

Baja (tendon) yang dipakai untuk beton prategang dalam prakteknya ada tiga macam, yaitu :

- a. Kawat tunggal (*wires*), biasanya digunakan untuk baja prategang pada beton prategang dengan sistem pratarik (*pre-tension*)
- b. Kawat untaian (*strand*), biasanya digunakan untuk baja prategang pada beton prategang dengan sistem pasca tarik (*post-tension*)
- c. Kawat batangan (*bar*), biasanya digunakan untuk baja prategang pada beton prategang dengan sistem pratarik (*pre-tension*)

Pada tabel 2.1 dibawah akan ditunjukkan tipikal baja yang biasa digunakan

Tabel 2.1. Tipikal baja prategang

Jenis Material	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban Putus (kN)	Tegangan Tarik (Mpa)
Kawat Tunggal (Wire)	3	7,1	13,5	1900
	4	12,6	22,1	1750
	5	19,6	31,4	1600
	7	38,5	57,8	1500
	8	50,3	70,4	1400
Untaian Kawat (Strand)	9,3	54,7	102	1860
	12,7	100	184	1840
	15,2	143	250	1750
Kawat Batangan (Bar)	23	415	450	1080
	26	530	570	1080
	29	660	710	1080
	32	804	870	1080
	38	1140	1230	1080

2.1.3. Prinsip Dasar Prategang

Pemberian gaya prategang ditentukan berdasarkan jenis sistem yang dilaksanakan dan panjang bentang serta kelangsingan yang dikehendaki. Gaya prategang yang diberikan secara longitudinal di sepanjang atau sejajar dengan sumbu komponen struktur, maka prinsip-prinsip prategang dikenal sebagai pemberian prategang linier.

Pemberian gaya prategang dapat dilakukan sebelum atau sesudah beton dicor. Pemberian prategang yang dilakukan sebelum pengecoran disebut sistem pratarik (*pre-tensioned*), sedangkan pemberian prategang setelah dilakukan pengecoran disebut sistem pascatarik (*post-tensioned*). Pemberian gaya

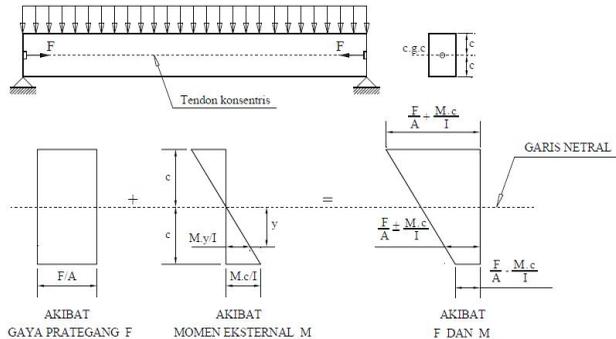
prategang pada beton akan memberikan tegangan tekan pada penampang. Tegangan ini akan menahan beban luar yang bekerja pada penampang.

Beton prategang sendiri dapat mengalami gaya prategang penuh (*fully stressed*) atau gaya prategang sebagian (*partial stressed*). Prategang penuh adalah struktur tidak diizinkan ada tegangan tarik pada penampang baik pada tahap transfer sampai dengan masa layan dan tegangan pada serat bawah dianggap tidak ada. Sedangkan prategang sebagian adalah penampang struktur direncanakan untuk dapat menerima tegangan tarik pada lokasi penampang selama masa transfer sampai masa layan dan tegangan serat bawah tidak sama dengan nol.

Ada tiga konsep berbeda yang dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang :

- a. Konsep pertama, sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis. Ini merupakan buah pemikiran Eugene Freyssinet yang memvisualisasikan beton prategang pada dasarnya adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan elastis dengan memberikan tekanan (desakan) terlebih dahulu (pratekan) pada bahan tersebut. Dari konsep ini lahirlah kriteria “tidak ada tegangan tarik” pada beton. Pada umumnya telah diketahui bahwa jika tidak ada tegangan tarik pada beton, berarti tidak

akan terjadi retak, dan beton tidak merupakan bahan yang getas lagi melainkan berubah menjadi bahan yang elastis.

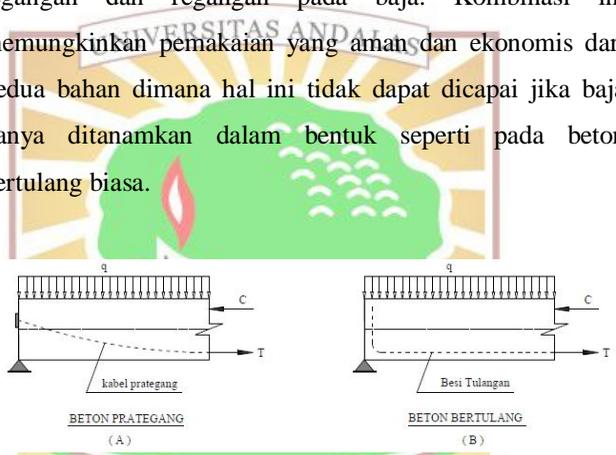


Gambar 2.3. Distribusi tegangan beton prategang

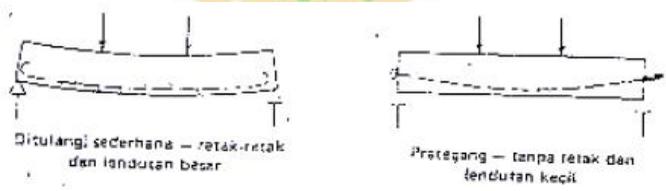
Dalam bentuk yang paling sederhana, ambillah balok persegi panjang yang diberi gaya prategang oleh sebuah tendon sentris. Akibat gaya prategang F , akan timbul tegangan tekan merata seperti pada gambar 2.3. Akibat beban merata (termasuk berat sendiri beton) akan memberikan tegangan tarik di bawah garis netral dan tegangan tekan di atas garis netral. Jadi dengan adanya gaya internal tekan ini, maka beton akan dapat memikul beban tarik.

- b. Konsep kedua, sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton. Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang, dimana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, dengan demikian kedua

bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal (gambar 2.4). Pada beton prategang, baja mutu tinggi ditanam pada beton, seperti pada beton bertulang biasa, beton di sekitarnya akan menjadi retak berat sebelum seluruh kekuatan baja digunakan (gambar 2.5). Oleh karena itu, baja perlu ditarik sebelumnya (pratarik) terhadap beton. Dengan menarik dan menjangkarkan ke beton dihasilkan tegangan dan regangan pada baja. Kombinasi ini memungkinkan pemakaian yang aman dan ekonomis dari kedua bahan dimana hal ini tidak dapat dicapai jika baja hanya ditanamkan dalam bentuk seperti pada beton bertulang biasa.

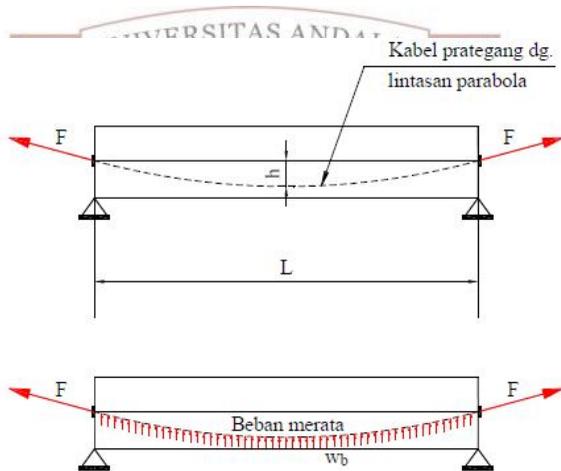


Gambar 2.4. Momen penahan internal pada balok beton prategang dan beton bertulang



Gambar 2.5. Balok beton menggunakan baja mutu tinggi

- c. Konsep ketiga, sistem prategang untuk mencapai keseimbangan beban. Konsep ini terutama menggunakan kable prategang sebagai suatu usaha untuk membuat keseimbangan gaya-gaya pada sebuah balok. Penerapan dari konsep ini menganggap beton diambil sebagai benda bebas dan menggantikan tendon dengan gaya-gaya yang bekerja pada sepanjang beton.



Gambar 2.6. Balok prategang dengan tendon parabola

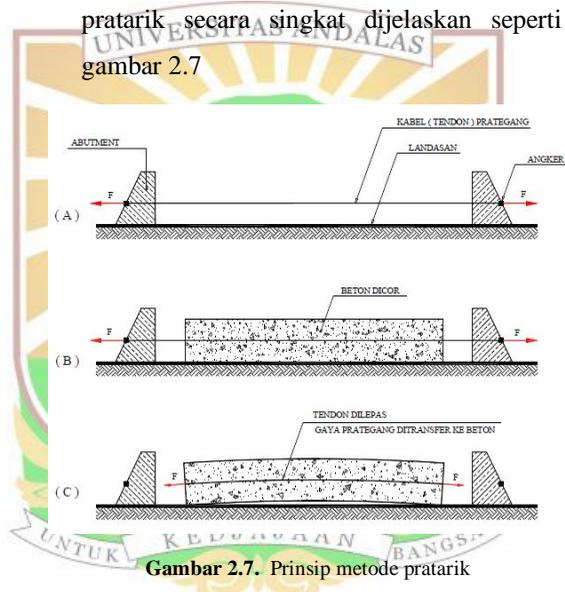
Suatu balok beton di atas dua perletakan (simple beam) yang diberi gaya prategang F melalui suatu kabel prategang dengan lintasan parabola. Beban akibat gaya prategang yang terdistribusi secara merata ke arah atas. Jadi beban merata akibat beban (mengarah ke bawah) diimbangi oleh gaya merata akibat prategang w_b yang mengarah ke atas..

2.1.4. Metode Prategang

Ada dua jenis metode pemberian gaya prategang pada beton, yaitu :

a. Metode Pratarik (*Pre-Tension Method*)

Metode ini yaitu baja prategang diberi gaya prategang dulu sebelum beton dicor, oleh karena itu disebut metode pratarik. Adapun prinsip pratarik secara singkat dijelaskan seperti pada gambar 2.7



Gambar 2.7. Prinsip metode pratarik

Tahap (A) : Kabel (tendon) prategang ditarik atau diberi gaya prategang kemudian diangker pada suatu *abutment* tetap.

Tahap (B) : Beton dicor pada cetakan (*formwork*) dan landasan yang sudah disediakan sedemikian

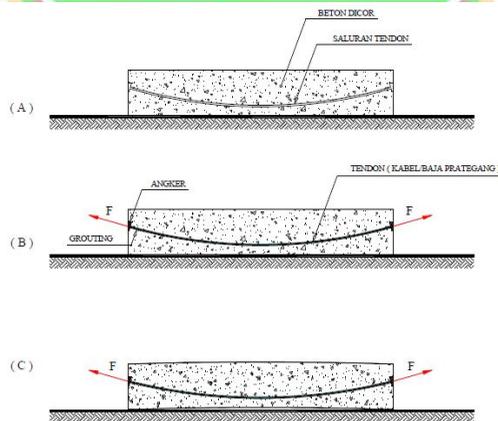
sehingga melingkupi tendon yang sudah diberi gaya prategang dan dibiarkan mengering.

Tahap (C) : Setelah beton mengering dan cukup umur dan kuat untuk menerima gaya prategang, tendon dipotong dan dilepas, sehingga gaya prategang ditransfer ke beton.

Setelah gaya prategang ditransfer ke beton, balok beton tersebut akan melengkung ke atas sebelum menerima beban kerja. Setelah beban kerja bekerja, maka balok beton tersebut akan rata.

b. Metode Pascatarik (*Post-Tension Method*)

Pada metode pascatarik, beton dicor terlebih dahulu, dimana sebelumnya telah disiapkan saluran kabel atau tendon yang disebut *duct*. Metode pascatarik dapat dijelaskan secara singkat seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Prinsip metode pascatarik

Tahap (A) : Dengan cetakan (*formwork*) yang telah disediakan lengkap dengan saluran/selongsong kabel prategang (*tendon duct*) yang dipasang melengkung sesuai bisang momen balok, beton dicor.

Tahap (B) : Setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya prategang, tendon atau kabel prategang dimasukkan dalam selongsong (*tendon duct*), kemudian ditarik untuk mendapat gaya prategang. Metode pemberian gaya prategang ini, salah satu ujung kabel diangker, kemudian ujung lainnya ditarik (ditarik dari satu sisi). Ada pula yang ditarik di kedua sisinya dan diangker secara bersamaan. Setelah diangkur, kemudian saluran di *grouting* melalui lubang yang telah disediakan.

Tahap (C) : Setelah diangkur, balok beton menjadi tertekan, jadi gaya prategang telah ditransfer ke beton. Karena tendon dipasang melengkung, maka akibat gaya prategang tendon memberikan beban merata ke balok yang arahnya ke atas, akibatnya balok melengkung ke atas.

Karena alasan transportasi dari pabrik beton ke lokasi proyek, maka biasanya beton prategang dengan sistem post-tension ini dilaksanakan secara segmental, kemudian pemberian gaya prategang dilaksanakan di lokasi proyek, setelah balok segmental tersebut.

2.2. Teori Gempa Bumi

2.2.1. Umum

Gempa bumi merupakan peristiwa alam dimana bergetarnya permukaan bumi akibat pelepasan energi dari pusat gempa secara tiba-tiba. Pelepasan energi tersebut dipancarkan ke segala arah dalam bentuk gelombang getaran yang merambat melalui tanah.

Menurut Teori Pelat Tektonik, kerak bumi terdiri dari pelat-pelat tektonik (lempeng *Lithosphere*) yang dapat merupakan bagian *oceanic* atau *continental* (benua). Pelat tektonik ini terapung di atas lapisan *Asthenosphere* serta membentuk tiga jalur gempa di perbatasannya.

Pelat-pelat tektonik ini bergerak secara perlahan, relatif satu dengan yang lain dan menimbulkan regangan elastis. Jika regangan ini melebihi kapasitas batuan maka batuan mengalami keruntuhan dan energi regangan yang tersimpan dalam batuan dilepaskan secara tiba-tiba sehingga menimbulkan gempa tektonik yang dahsyat. Mekanisme pembentukan gempa tektonik ini dikenal sebagai *Elastic Rebound Theory*.

Jika dilihat dari segi geografis yang menyebabkan Indonesia sering terjadi gempa bumi adalah posisi Indonesia yang dilalui jalur pertemuan 3 lempeng tektonik,

yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik.

Gempa bumi yang terjadi pada suatu daerah bisa merupakan gempa yang berskala besar maupun gempa yang berskala kecil. Besar kecilnya gempa itu dikarenakan beberapa faktor yaitu :

- Skala atau magnitudo gempa. Yaitu kekuatan gempa yang terjadi yang bukan berdasarkan lokasi observasi pada suatu daerah. Magnitudo gempa biasa dihitung tiap gempa terjadi dan dicatat oleh seismograf yang dinyatakan dalam satuan Skala Richter.
- Durasi dan kekuatan gempa. Yaitu lamanya guncangan gempa yang terjadi pada suatu daerah dan kekuatan gempa yang terjadi dengan melihat kerusakan pada daerah tempat terjadinya gempa bumi.
- Jarak sumber gempa terhadap perkotaan. Jarak sumber gempa yang jauh dari perkotaan akan memungkinkan intensitas gempa semakin rendah.
- Kedalaman sumber gempa. Yaitu kedalaman pusat terjadinya gempa diukur dari permukaan bumi. Semakin dalam pusat gempa maka semakin rendah kekuatan gempa yang terjadi.

- Kualitas tanah dan bangunan. Kualitas tanah yang buruk akibat bangunan dapat mengakibatkan serangan gempa bumi yang kuat.
- Lokasi perbukitan dan pantai. Pantai atau daerah perbukitan merupakan daerah rawan gempa karena perbukitan dan pantai merupakan daerah pertemuan lempeng. Sehingga dapat mempengaruhi besar kecil kekuatan gempa berdasarkan hiposentrumnya.

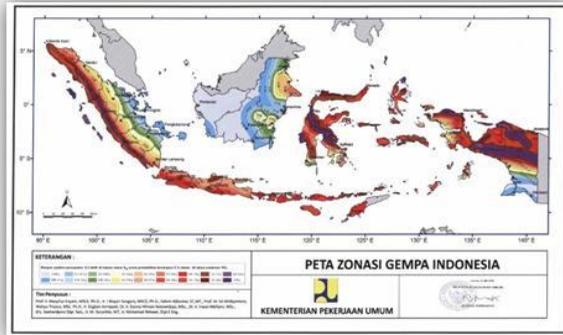
Sampai saat ini belum ada yang dapat menentukan kapan dan dimana terjadi gempa. Yang hanya dapat dilakukan adalah menyesuaikan konstruksi bangunan dengan tingkat kegempaan yang sesuai dengan kondisi daerah yang bersangkutan.

2.2.2. Peraturan Gempa

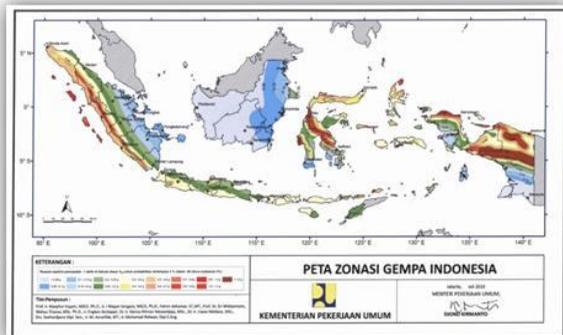
Perbedaan tingkat bahaya gempa pada suatu wilayah mendorong dilakukannya analisis probabilistik bahaya gempa yang kemudian mengelompokkan suatu wilayah dalam suatu zona-zona tertentu. Di Indonesia pengelompokan zona-zona ini juga dilakukan, yang melibatkan sekelompok peneliti independen. Hasil analisis probabilitastik gempa ini, telah dituangkan ke dalam bentuk peta untuk seluruh wilayah di Indonesia yang berupa garis-garis kontur percepatan puncak batuan dasar.

Sejak tahun 2010 pemerintah telah mempublikasikan peraturan gempa RSNI 03-1726-2010 sebagai pengganti SNI 03-1726-2002. Kemudian pada tahun 2012, standar tersebut ditetapkan menjadi SNI 1726-2012, maka standar ini membatalkan dan menggantikan SNI 03-1726-2002. Cukup banyak perubahan mendasar pada SNI gempa 2012 ini, diantaranya yaitu penentuan respons spektrum gempa. Pada SNI gempa 2002, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 10% atau gempa dengan periode ulang 500 tahun. Respons spektrum ditentukan berdasarkan peta risiko gempa yang dibagi kedalam 6 (enam) zona. Sedangkan pada SNI gempa 2012, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewatinya besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2% atau gempa dengan periode ulang 2500 tahun yang merupakan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget.

Berdasarkan SNI 1726-2012 pada pasal 14, untuk wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik), seperti terlihat pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10 dibawah.



Gambar 2.9. Peta Wilayah Gempa Indonesia Berdasarkan Parameter S_s



Gambar 2.10. Peta Wilayah Gempa Indonesia Berdasarkan Parameter S_1

Pada SNI 03-1726-2012 setiap tempat atau setiap lokasi dengan koordinat lintang dan bujurnya memiliki respons spektra yang berbeda. Karena wilayah gempa ditentukan berdasarkan parameter gerak tanah sebagai berikut :

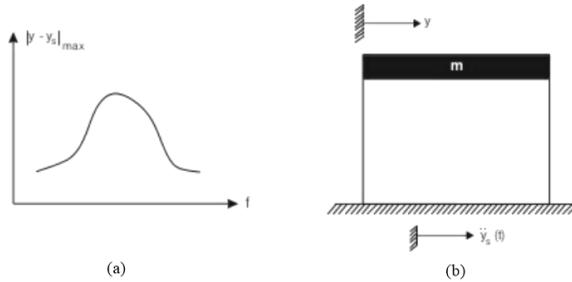
- S_s = percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik.
- S_l = percepatan batuan dasar pada periode 1 detik.

Sehingga respon spektra yang terbentuk berbeda pada setiap wilayah.

2.2.3. Respon Spektrum

Respon dinamis suatu bangunan terhadap beban gempa dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu respon riwayat waktu (*time history analysis*) yang biasanya dilakukan dengan memakai analisis numerik, serta perhitungan dengan cara analisis ragam spektrum respon (*modal analysis*). Dalam tugas akhir ini, respon dinamis yang dipakai dalam analisis beban gempa terhadap struktur jembatan adalah respon spektrum.

Respon spektrum adalah grafik yang menggambarkan reaksi maksimum dari suatu sistem satu derajat kebebasan (*single degree of freedom*) terhadap suatu beban dinamis sebagai fungsi dari frekuensi alami dan damping rasio dari sistem tersebut. Reaksi ini dapat berupa perpindahan, kecepatan, dan percepatan.



Gambar 2.11. (a) Bentuk respons spektrum dan

(b) Sistem SDOF yang dipengaruhi pergerakan tanah

Lengkung atau kurva spektrum respons pada Gambar 2.10. (a) memperlihatkan perpindahan relatif maksimum dari massa m terhadap perpindahan penyokong dari suatu sistem SDOF. Gambar 2.10. (b) menunjukkan bangunan yang dibebani/dipengaruhi perpindahan tanah yang dinyatakan sebagai fungsi $y(t)$.

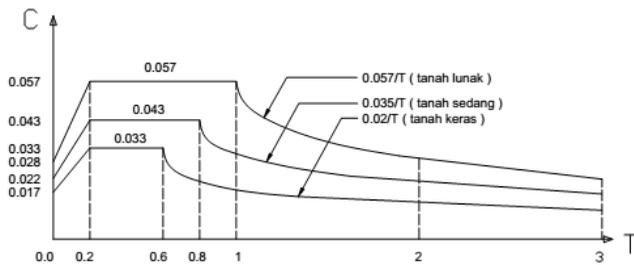
Terdapat dua macam respon spektrum, yaitu :

- Respon spektrum elastik
Spektrum elastik adalah suatu respons spektrum yang didasarkan atas respon elastik suatu struktur.
- Respon spektrum inelastik
Spektrum inelastik (juga disebut desain respons spektrum) adalah respon spektrum yang *discale down* dari spektrum elastik dengan nilai daktilitas tertentu.

Dalam penentuan respons spektrum perencanaan suatu struktur, bisa dilihat di beberapa situs diantaranya, untuk gedung bisa dilihat pada situs Pusat Penelitian

Pengembangan dan Pemukiman (Puskim), sedangkan untuk perencanaan jalan dan jembatan bisa dilihat pada situs Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan (Pusjatan).

Gambar 2.12 adalah contoh respons spektrum salah satu wilayah di Indonesia. Penentuan respons spektrum juga tergantung pada kondisi tanah yang akan direncanakan seperti terlihat pada Gambar 2.12 ada beberapa jenis tanah yang dijadikan sebagai acuan memilih data respons spektrum yang diinginkan.



Gambar 2.12. Contoh respons spektrum salah satu wilayah di Indonesia



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini, disiapkan langkah-langkah secara sistematis agar penelitian dapat terlaksana dengan baik. Adapun langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1. Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir

3.1.1 Tinjauan Pustaka dan Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan pertama yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Hal ini dilakukan agar hasil penelitian yang dilakukan memiliki dasar yang tepat dan dapat dipertanggungjawabkan.

3.1.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data untuk penelitian, seperti data dimensi jembatan, data beban, jenis material jembatan dan data tanah. Serta pengumpulan peraturan yang terkait dengan penelitian.

3.1.3 Permodelan Struktur Jembatan

Di tahap ini dilakukan pemodelan struktur jembatan beton prategang. Pemodelan dibuat dengan *software* SAP2000. Disini dilakukan penyederhanaan dengan tujuan mengurangi kompleksitas dari struktur jembatan.

3.1.4 Analisis Statis

Dalam tahap ini dilakukan analisis statis pada struktur jembatan beton prategang akibat berat sendiri, untuk beban hidup dalam analisis ini diabaikan. Hasil dari tahap ini adalah berupa besar gaya dalam yang terjadi pada struktur jembatan.

3.1.5 Modal Analisis

Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap struktur jembatan untuk mengetahui frekuensi natural dari struktur jembatan tersebut.

3.1.6 Analisis Dinamis

Pada tahap selanjutnya dilakukan analisis dinamis struktur jembatan beton prategang dengan melakukan pembebanan dinamis respon spectrum, beban hidup dari lalu lintas juga diperhitungkan pada analisis ini. Pada kasus ini beban gempa diaplikasikan pada arah sumbu-x dan arah sumbu-y. Selanjutnya akan didapatkan besarnya gaya dalam yang terjadi pada struktur jembatan.

3.1.7 Analisis Hasil dan Pembahasan

Selanjutnya dilakukan pembahasan mengenai hasil yang telah didapatkan dari analisa statis dan dinamis.

3.1.8 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari penulis.

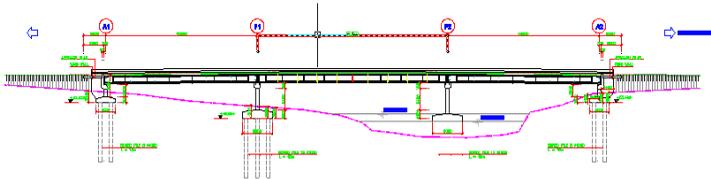
3.2 Studi Kasus

Studi kasus dilakukan terhadap jembatan jenis *prestressed* yang dimodelkan dengan acuan data jembatan Kuranji.

Data Jembatan *Prestressed* Kuranji :

Nama Jembatan	: Jembatan Kuranji
Panjang Bentang	: 132 m
Lebar Jembatan	: 10,5 m
Jarak Antar Gelagar Melintang	: 6,725 m dan 8,5 m
Jarak Antar Gelagar Memanjang	: 1,85 m
Jumlah Pilar	: 2 buah

Tinggi Pilar	: 8,8 m
Pondasi	: Sumuran Ø 100 cm
Bangunan Bawah	: Beton Bertulang
Bangunan Atas	: Balok Girder Beton Pracetak
Mutu Beton	: a. Girder (K-500) b. Pier, Slab (K-350)



Gambar 3.2. Penampang memanjang jembatan



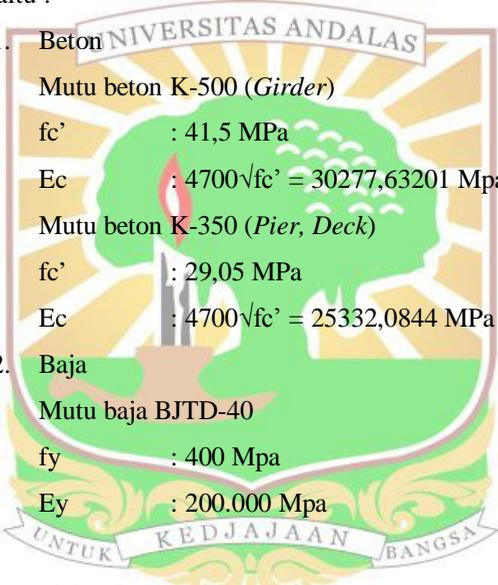
BAB IV

PROSEDUR DAN HASIL KERJA

4.1. Prosedur Kerja

4.1.1. Menentukan Propertis Penampang

Pada struktur Jembatan Kuranji ini menggunakan dua jenis material, yaitu :

- 
1. Beton
 - Mutu beton K-500 (*Girder*)
 - f_c' : 41,5 MPa
 - E_c : $4700\sqrt{f_c'} = 30277,63201$ Mpa
 - Mutu beton K-350 (*Pier, Deck*)
 - f_c' : 29,05 MPa
 - E_c : $4700\sqrt{f_c'} = 25332,0844$ Mpa
 2. Baja
 - Mutu baja BJTD-40
 - f_y : 400 Mpa
 - E_y : 200.000 Mpa

4.1.2. Permodelan Struktur Jembatan

Permodelan struktur jembatan dilakukan dengan menggunakan *software* SAP2000 dalam bentuk 3D.

1. Pilar

Pada permodelan ini, pilar dimodelkan seperti kolom memanjang dengan dimensi 10,5 m x 1 m.

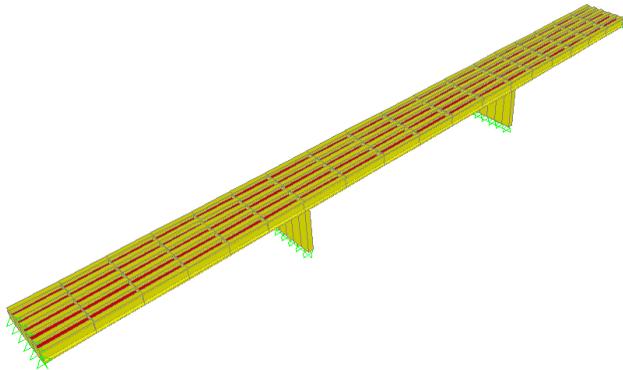
2. Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang dimodelkan dengan beton *precast I girder*

3. Gelagar Melintang

Pada struktur jembatan, gelagar melintang disusun dengan jarak 6,75 m pada bentang tepi dan 8,5 m pada bentang tengah.

4. Plat  Ketebalan dari plat lantai yang digunakan adalah 30 cm.



Gambar 4.1. Permodelan struktur atas Jembatan Kuranji

4.1.3. Analisis Statis

Sebelum mengetahui bagaimana *respons* struktur akibat beban dinamis sebaiknya dilakukan analisis statis untuk mengetahui *respons* struktur terhadap berat sendiri dari jembatan. Pada analisis

statis ini akan diperoleh gaya aksial, geser serta momen dengan menggunakan *software* SAP2000.

4.1.4. Modal Analisis

Sebelum dilakukan analisa dinamis perlu diketahui dahulu frekuensi natural dan bentuk-bentuk mode yang terjadi pada struktur jembatan.

4.1.5. Respon Spektrum

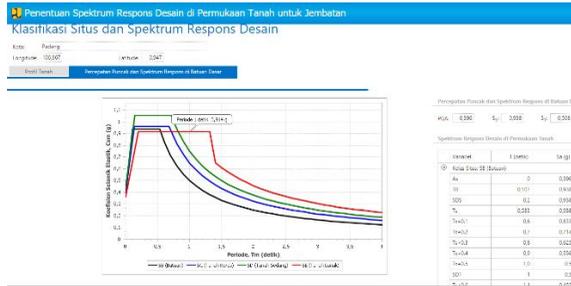
Respon spektrum digunakan untuk menentukan beban gempa rencana pada struktur jembatan. Dalam analisis ini data acuan gempa yang digunakan adalah pada daerah Kota Padang dengan kondisi tanah sedang dan input beban gempa disesuaikan dengan peraturan SNI 1726-2012.

Data *seismic* dan respon spektrum diperoleh pada aplikasi yang dikembangkan oleh Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan (Pusjatan) dengan cara memasukkan koordinat daerah yang direncanakan seperti terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Penentuan Respon Spektrum di Permukaan Tanah untuk Jembatan

Wilayah/koordinat yang digunakan untuk disain respon spektrum adalah wilayah Kota Padang pada Lintang - 0,9465679770810844 dan Bujur 100,36658796415482 dengan kondisi tanah sedang. Setelah koordinat tersebut diinputkan maka akan menghasilkan tampilan seperti Gambar 4.3. berikut.



Gambar 4.3. Grafik Periode vs Percepatan untuk Semua Jenis Tanah

Dari hasil pencarian didapatkan data *seismic* untuk wilayah Kota Padang seperti Tabel 4.1. serta respons spektrum seperti Gambar 4.4 sesuai dengan kondisi tanah yang direncanakan.

Tabel 4.1. Data Seismic

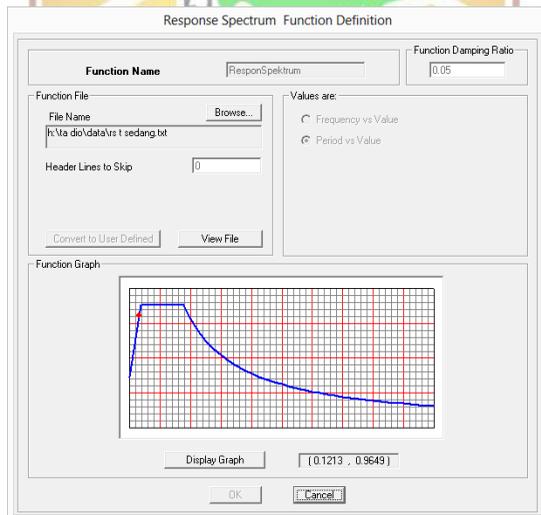
Variabel	Nilai
PGA (g)	0.396
Ss (g)	0.938
S1 (g)	0.508
SDS (g)	1.055
Ts (dtk)	0.711
SD1 (g)	0.75
To (dtk)	0.142



Gambar 4.4. Respon Spektrum Kota Padang

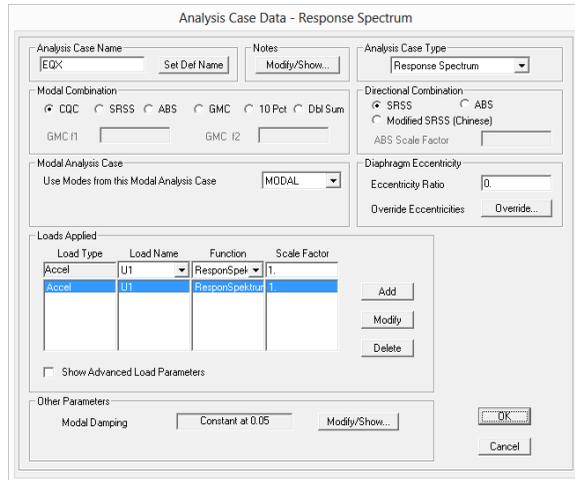
4.1.6. Analisis Dinamis

Analisis dinamis merupakan analisis struktur akibat pengaruh gempa yang telah diinputkan pada permodelan struktur jembatan. Hasil input data respon spektrum untuk wilayah Kota Padang dengan kondisi tanah sedang terlihat seperti Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Respon Spektrum Kota Padang
Yang Diinput pada SAP2000

Pada tugas akhir ini, beban gempa yang akan dianalisis adalah beban gempa arah longitudinal (arah-x) dan beban gempa arah transversal (arah-y). Beban gempa tersebut diaplikasikan sesuai dengan arahnya pada SAP2000 seperti terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Pendefinisian Beban Gempa pada SAP2000

4.1.7. Analisa Struktur

Analisis struktur ini dilakukan untuk menghitung gaya dalam yang terjadi akibat berat sendiri serta akibat beban gempa arah longitudinal dan transversal dari struktur jembatan, diantaranya gaya aksial, gaya geser dan momen serta untuk mengetahui *displacement* yang terjadi akibat berat sendiri dan akibat pengaruh gaya gempa. Perhitungan dilakukan dengan *software* SAP 2000, beban hidup dari kendaraan juga diperhitungkan pada analisis ini.

4.2. Hasil Kerja

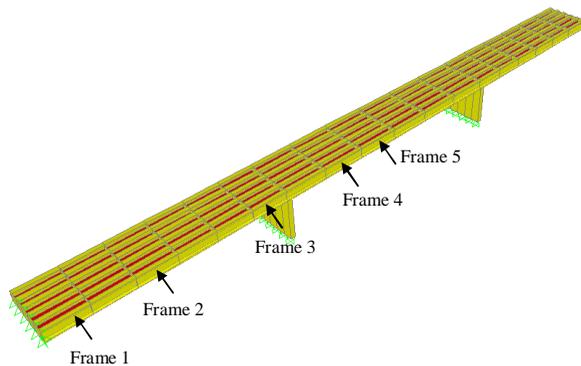
Setelah permodelan struktur jembatan dengan SAP2000 dilakukan analisis terhadap gaya dalam dan perpindahan yang terjadi baik statis maupun dinamis. Untuk mengetahui hal tersebut perlu ditinjau beberapa *joint* dan *frame* dari elemen struktur jembatan . Adapun titik-titik tinjau dari elemen struktur tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Titik tinjau joint pada gelagar



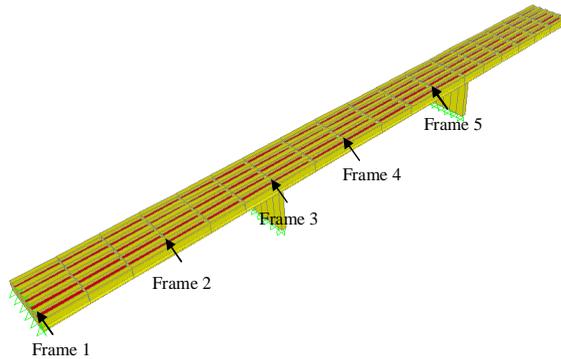
Gambar 4.7. Titik tinjau joint pada gelagar

- b. Titik tinjau frame pada gelagar memanjang



Gambar 4.8. Titik tinjau frame pada gelagar memanjang

c. Titik tinjau frame pada gelagar melintang



Gambar 4.9. Titik tinjau frame pada gelagar melintang

4.2.1. Analisis Modal

Pada struktur jembatan prategang yang telah dimodelkan pada SAP2000, sebelum dilakukan analisis akibat berat sendiri dan akibat beban gempa perlu diketahui bentuk-bentuk mode yang terjadi pada struktur jembatan untuk melihat pola perubahan bentuk pada struktur terhadap fungsi waktu.

Tabel 4.2. Mode Shape (Peubahan Bentuk)

Mode	Periode (T)	Frekuensi (f)
1	0.517808	1.9312
2	0.434812	2.2998
3	0.394198	2.5368
4	0.351221	2.8472
5	0.337119	2.9663
6	0.305066	3.278
7	0.233932	4.2747
8	0.164778	6.0688
9	0.151897	6.5834
10	0.142215	7.0316
11	0.119529	8.3662
12	0.117747	8.4928

Dari Tabel 4.2. dapat dilihat bahwa frekuensi terbesar terjadi pada mode ke-12 yaitu sebesar 8.4928 Hz dengan periode 0.117747 detik. Sedangkan frekuensi terkecil terjadi pada mode ke-1 yaitu 1.9312 Hz dengan periode terbesar 0.517808 detik.

Tabel 4.3. *Modal Load Participation Ratio*

UX	UY	UZ
86.3864	97.6344	81.0479

Pada Tabel 4.3. *Modal Load Participation Ratio* nilai $U_x = 86.3864\%$, nilai $U_y = 97.6344\%$, dan nilai $U_z = 81.0479\%$, ini menandakan bahwa kondisi yang paling berpengaruh terhadap kekuatan jembatan adalah arah x dan arah y.

4.2.2. Analisis Statis

4.2.2.1. Gaya Dalam

1. Gelagar memanjang

Tabel 4.4. Gaya Dalam Gelagar Memanjang Analisis Statis

Frame	Aksial	Geser	Momen
	kN	kN	kNm
1	10.698	613.55	3531.9669
2	10.631	165.575	5100.2854
3	11.298	1061.599	9094.932
4	16.359	678.209	3339.723
5	17.064	302.079	4985.6332

Gaya dalam pada gelagar memanjang berdasarkan Tabel 4.4. dapat dilihat bahwa :

- Gaya Aksial

Pada gelagar memanjang, gaya aksial terbesar terjadi pada frame 5 dengan nilai 17.064 kN dan gaya aksial terkecil terdapat pada frame 2 dengan nilai 10.631 kN.

- Geser

Pada gelagar memanjang, gaya geser terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 1061.599 kN, sedangkan gaya geser terkecil berada pada frame 2 yang bernilai 165.575 kN.

- Momen

Gaya dalam momen gelagar memanjang yang terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 9094.932 kNm, sedangkan momen terkecil berada pada frame 4 dengan nilai 3339.723 kNm.

2. Gelagar melintang

Tabel 4.5. Gaya Dalam Gelagar Melintang Analisis Statis

Frame	Aksial	Geser	Momen
	kN	kN	kNm
1	0	12.516	6.6308
2	0.568	37.279	43.1181
3	1.466	14.36	9.6041
4	0.872	39.434	55.5878
5	1.335	30.187	48.3643

Gaya dalam pada gelagar melintang berdasarkan Tabel 4.5. dapat dilihat bahwa :

- Gaya Aksial

Pada gelagar melintang, gaya aksial terbesar terjadi pada frame 3 dengan nilai 1.466 kN dan gaya aksial terkecil terdapat pada frame 1 yang bernilai 0 kN.

- Geser

Pada gelagar melintang, gaya geser terbesar terdapat pada frame 4 dengan nilai 39.434 kN, sedangkan gaya geser terkecil berada pada frame 1 yang bernilai 12.516 kN.

- Momen

Gaya dalam momen gelagar melintang yang terbesar terdapat pada frame 4 dengan nilai 55.5878 kNm, sedangkan momen terkecil berada pada frame 1 dengan nilai 6.6308 kNm.

4.2.2.2. Displacement

Displacement pada analisis statis merupakan perpindahan yang terjadi pada struktur jembatan akibat pengaruh berat sendiri dari struktur tersebut. Perpindahan ditinjau pada beberapa joint yang telah ditentukan pada gelagar.

Tabel 4.6. *Displacement* Gelagar Analisis Statis

Joint	U1	U2	U3
	mm	mm	mm
1	0	0	0
2	0.0093	0.0004526	48.606
3	0.019	0.001463	0.464
4	0.006274	0.0003734	51.19
5	1.28E-14	3.53E-04	64.29

Pada Tabel 4.6. diatas dapat dilihat nilai perpindahan terbesar berada pada joint 3 yaitu 0.019 mm. Joint 3 terdapat pada gelagar yang berada diatas pilar.

4.2.3. Analisis Dinamis Arah Longitudinal

4.2.3.1. Gaya Dalam

1. Gelagar memanjang

Tabel 4.7. Gaya Dalam Gelagar Memanjang Analisis Dinamis Arah Longitudinal

Frame	Aksial	Geser	Momen
	kN	kN	kNm
1	5214.188	619.223	3570.8331
2	439.995	172.777	5209.9848
3	1512.505	1567.146	10501.335
4	2923.72	749.012	3487.1541
5	4391.281	315.273	4990.691

Gaya dalam pada gelagar memanjang berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa :

- Gaya Aksial

Pada gelagar memanjang, gaya aksial terbesar terjadi pada frame 1 dengan nilai 5214.188 kN dan gaya aksial terkecil terdapat pada frame 2 dengan nilai 439.995 kN.

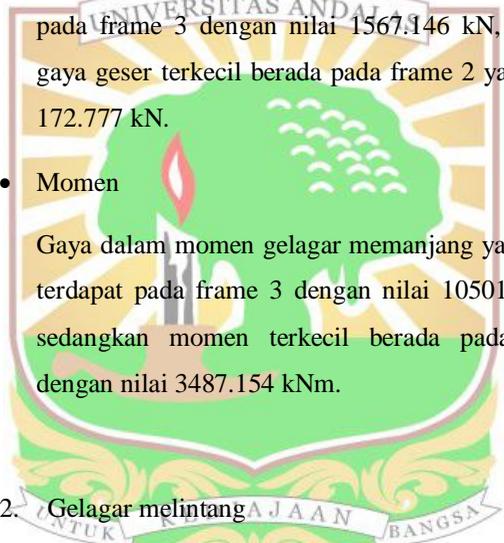
- Geser

Pada gelagar memanjang, gaya geser terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 1567.146 kN, sedangkan gaya geser terkecil berada pada frame 2 yang bernilai 172.777 kN.

- Momen

Gaya dalam momen gelagar memanjang yang terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 10501.335 kNm, sedangkan momen terkecil berada pada frame 4 dengan nilai 3487.154 kNm.

2. Gelagar melintang



Tabel 4.8. Gaya Dalam Gelagar Melintang Analisis Dinamis

Arah Longitudinal

Frame	Aksial	Geser	Momen
	kN	kN	kNm
1	0	17.591	11.6856
2	8.029	65.684	59.6254
3	79.989	2020.506	2611.649
4	166.547	132.485	196.2202
5	44.626	421.218	316.2311

Gaya dalam pada gelagar melintang berdasarkan Tabel 4.8. dapat dilihat bahwa :

- Gaya Aksial

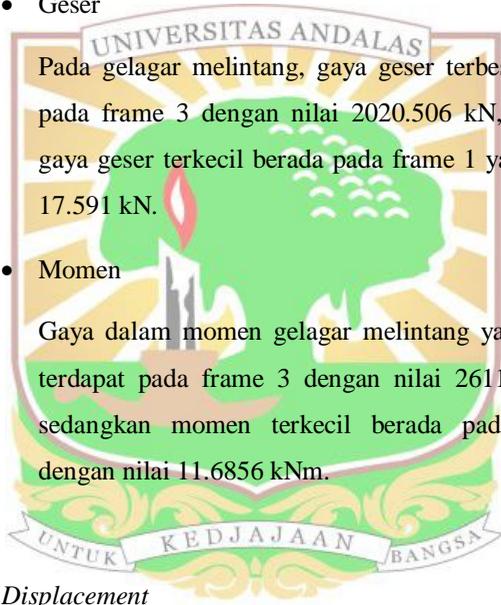
Pada gelagar melintang, gaya aksial terbesar terjadi pada frame 4 dengan nilai 166.547 kN dan gaya aksial terkecil terdapat pada frame 1 yang bernilai 0 kN.

- Geser

Pada gelagar melintang, gaya geser terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 2020.506 kN, sedangkan gaya geser terkecil berada pada frame 1 yang bernilai 17.591 kN.

- Momen

Gaya dalam momen gelagar melintang yang terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 2611.649 kNm, sedangkan momen terkecil berada pada frame 1 dengan nilai 11.6856 kNm.



4.2.3.2. Displacement

Displacement pada analisis dinamis merupakan perpindahan yang terjadi pada struktur jembatan akibat pengaruh gempa yang didefinisikan melalui nilai-nilai respon spektrum Kota Padang. Perpindahan ditinjau pada beberapa joint yang telah ditentukan pada gelagar.

Tabel 4.9. Displacement Gelagar Analisis Dinamis

Arah Longitudinal

Joint	U1	U2	U3
	mm	mm	mm
1	0	0	0
2	2.263	10.745	51.759
3	2.609	18.889	1.521
4	1.784	31.202	52.22
5	0.176	33.144	65.192

Pada Tabel 4.9. diatas dapat dilihat nilai perpindahan terbesar berada pada joint 3 yaitu 2.609 mm. Joint 3 terdapat pada gelagar yang berada diatas pilar.

4.2.4. Analisis Dinamis Arah Transversal

4.2.4.1. Gaya Dalam

1. Gelagar Memanjang

Tabel 4.10. Gaya Dalam Gelagar Memanjang Analisis Dinamis
Arah Transversal

Frame	Aksial	Geser	Momen
	kN	kN	kNm
1	5323.409	620.945	3589.3483
2	472.552	171.271	5252.4175
3	1580.047	1590.208	10541.729
4	3132.374	750.416	3480.748
5	4741.723	313.923	5025.0194

Gaya dalam pada gelagar memanjang berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa :

- Gaya Aksial

Pada gelagar memanjang, gaya aksial terbesar terjadi pada frame 1 dengan nilai 523.409 kN dan gaya aksial terkecil terdapat pada frame 2 dengan nilai 472.552 kN.

- Geser

Pada gelagar memanjang, gaya geser terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 1590.208 kN, sedangkan gaya geser terkecil berada pada frame 2 yang bernilai 171.271 kN.

- Momen

Gaya dalam momen gelagar memanjang yang terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 10541.729 kNm, sedangkan momen terkecil berada pada frame 4 dengan nilai 3480.878 kNm.

2. Gelagar Melintang

Tabel 4.11. Gaya Dalam Gelagar Melintang Analisis Dinamis

Arah Transversal

Frame	Aksial	Geser	Momen
	kN	kN	kNm
1	0	19.322	13.4962
2	8.502	67.573	60.1315
3	79.082	2130.744	2755.529
4	177.23	137.447	203.2305
5	45.952	442.359	471.6609

Gaya dalam pada gelagar melintang berdasarkan Tabel 4.11. dapat dilihat bahwa :

- Gaya Aksial

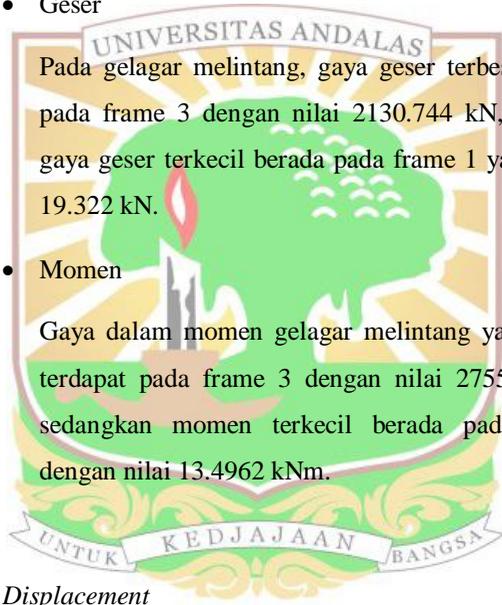
Pada gelagar melintang, gaya aksial terbesar terjadi pada frame 4 dengan nilai 177.23 kN dan gaya aksial terkecil terdapat pada frame 1 yang bernilai 0 kN.

- Geser

Pada gelagar melintang, gaya geser terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 2130.744 kN, sedangkan gaya geser terkecil berada pada frame 1 yang bernilai 19.322 kN.

- Momen

Gaya dalam momen gelagar melintang yang terbesar terdapat pada frame 3 dengan nilai 2755.529 kNm, sedangkan momen terkecil berada pada frame 1 dengan nilai 13.4962 kNm.



4.2.4.2. Displacement

Displacement pada analisis dinamis merupakan perpindahan yang terjadi pada struktur jembatan akibat pengaruh gempa yang didefinisikan melalui nilai-nilai respon spektrum Kota Padang. Perpindahan ditinjau pada beberapa joint yang telah ditentukan pada gelagar.

Tabel 4.9. *Displacement* Gelagar Analisis Dinamis

Arah Transversal

Joint	U1	U2	U3
	mm	mm	mm
1	0	0	0
2	2.305	11.172	52.084
3	2.676	19.932	1.578
4	1.744	33.194	52.425
5	4.84E-08	35.292	65.551

Pada Tabel 4.9. diatas dapat dilihat nilai perpindahan terbesar berada pada joint 3 yaitu 2.676 mm. Joint 3 terdapat pada gelagar yang berada diatas pilar.



BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan perbandingan respons struktur atas Jembatan Kuranji akibat gempa horizontal (arah longitudinal dan transversal) serta analisis modal dari struktur jembatan tersebut. Beban gempa yang digunakan pada analisis ini sesuai peraturan SNI 1726-2012 berupa respon spektrum yang diaplikasikan pada arah sumbu x dan arah sumbu y. Respons struktur yang didapatkan yaitu perpindahan pada gelagar serta gaya dalam pada gelagar memanjang dan melintang. Reaksi yang diterima struktur jembatan akibat beban dinamis ini bersifat non-linear yang terjadinya struktur tersebut mengalami perubahan terhadap waktu.

Dalam tugas akhir ini gempa yang diberikan berupa respon spektrum kota Padang dengan kondisi tanah sedang. Berikut ini adalah kaitan antara periode dan partisipasi massa yang dihasilkan dari analisis dinamis terhadap respon spektrum kota Padang, serta perbandingan respons struktur akibat beban gempa arah longitudinal dan arah transversal.

5.1. Analisis *Massa Participation Ratio* dan Periode

a. *Massa Participation Ratio*

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, nilai *massa participation ratio* paling sedikit 90 %. *Massa Participation Ratio* diartikan sebagai partisipasi massa struktur untuk menghasilkan respon total. Apabila analisis dinamis struktur

mencapai nilai tersebut, maka dapat diketahui bagian yang kritis dari suatu struktur apabila diberi beban gempa. Pada hasil analisis modal dari struktur Jembatan Kuranji didapatkan nilai *Massa Participation Ratio* arah $U_x = 86.3864 \%$, $U_y = 97.6344 \%$, dan $U_z = 81.0479 \%$. Hal ini dapat dinyatakan bahwa yang paling kritis dari struktur jembatan tersebut adalah arah transversal (arah y).

b. Periode (T)

Periode merupakan parameter analisis dinamis untuk menghasilkan frekuensi natural dari suatu struktur akibat pengaruh beban gempa. Berdasarkan SNI (2008) memberikan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan dengan nilai frekuensi jembatan sebesar 2.63 Hz. Nilai tersebut merupakan nilai yang dijadikan standar untuk seluruh jembatan di Indonesia.

Berdasarkan hasil dari analisis dinamis yang dilakukan diperoleh nilai frekuensi dari struktur akibat dari periode terbesarnya yaitu 1.9312 Hz. Jika dibandingkan terhadap frekuensi berdasarkan standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan, frekuensi Jembatan Kuranji memenuhi standar yang ditentukan. Hal ini dapat dinyatakan bahwa kondisi dari struktur jembatan tersebut aman.

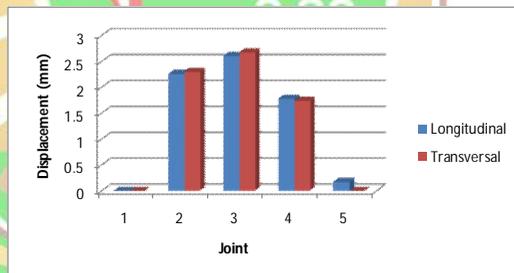
5.2. Perbandingan Respons Struktur dan Gaya Dalam Akibat Beban Gempa Arah Longitudinal dan Arah Transversal

5.2.1. Displacement / Perpindahan

a. Perpindahan arah x

Tabel 5.1. Perpindahan arah x akibat beban gempa

Joint	Perpindahan	
	Beban Arah Longitudinal (mm)	Beban Arah Transversal (mm)
1	0	0
2	2.263	2.305
3	2.609	2.676
4	1.784	1.744
5	0.176	4.84E-08

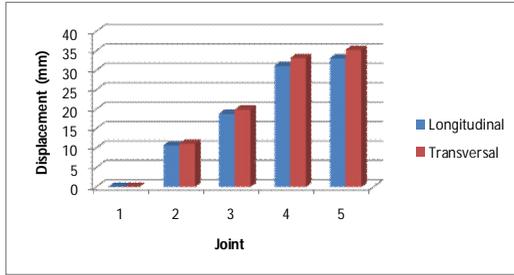


Grafik 5.1. Perpindahan arah x

b. Perpindahan arah y

Tabel 5.2. Perpindahan arah y akibat beban gempa

Joint	Perpindahan	
	Beban Arah Longitudinal (mm)	Beban Arah Transversal (mm)
1	0	0
2	10.745	11.172
3	18.889	19.932
4	31.202	33.194
5	33.144	35.292

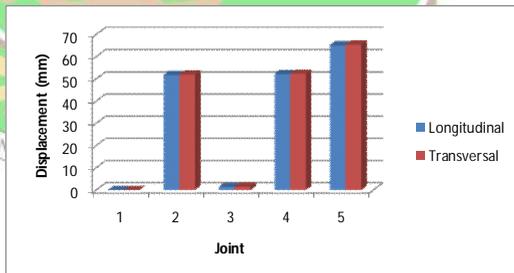


Grafik 5.2. Perpindahan arah y

c. Perpindahan arah z

Tabel 5.3. Perpindahan arah z akibat beban gempa

Joint	Perpindahan	
	Beban Arah Longitudinal (mm)	Beban Arah Transversal (mm)
1	0	0
2	51.759	52.084
3	1.521	1.578
4	52.22	52.425
5	65.192	65.551



Grafik 5.3. Perpindahan arah z

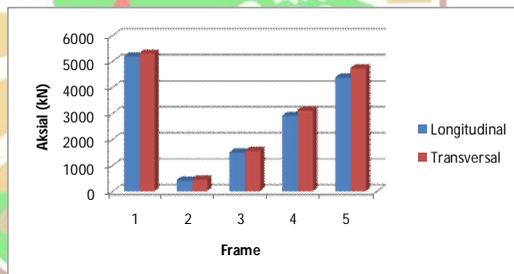
5.2.2. Gaya Dalam

a. Gaya aksial

- Gelagar memanjang

Tabel 5.4. Gaya aksial pada gelagar memanjang

Frame	Aksial	
	Beban Arah Longitudinal (kNm)	Beban Arah Transversal (kNm)
1	5214.188	5323.409
2	439.995	472.552
3	1512.505	1580.047
4	2923.72	3132.374
5	4391.281	4741.723

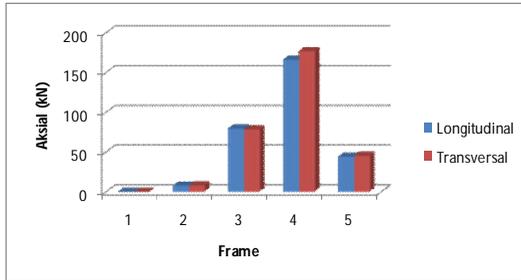


Grafik 5.4. Gaya aksial pada gelagar memanjang

- Gelagar melintang

Tabel 5.5. Gaya aksial pada gelagar melintang

Frame	Aksial	
	Beban Arah Longitudinal (kNm)	Beban Arah Transversal (kNm)
1	0	0
2	8.029	8.502
3	79.989	79.082
4	166.547	177.23
5	44.626	45.952



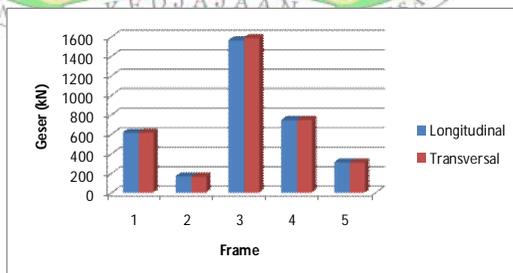
Grafik 5.5. Gaya aksial pada gelagar melintang

b. Gaya geser

- Gelagar memanjang

Tabel 5.6. Gaya geser pada gelagar memanjang

Frame	Geser	
	Beban Arah Longitudinal (kNm)	Beban Arah Transversal (kNm)
1	619.223	620.945
2	172.777	171.271
3	1567.146	1590.208
4	749.012	750.416
5	315.273	313.923

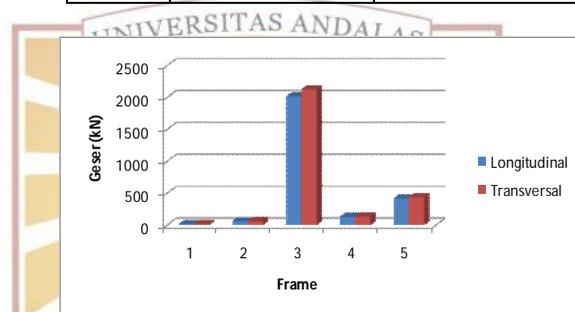


Grafik 5.6. Gaya geser pada gelagar memanjang

- Gelagar melintang

Tabel 5.7. Gaya geser pada gelagar melintang

Frame	Geser	
	Beban Arah Longitudinal (kNm)	Beban Arah Transversal (kNm)
1	17.591	19.322
2	65.684	67.573
3	2020.506	2130.744
4	132.485	137.447
5	421.218	442.359



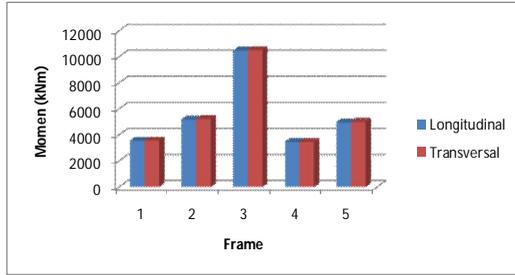
Grafik 5.7. Gaya geser pada gelagar melintang

c. Momen

- Gelagar memanjang

Tabel 5.8. Momen pada gelagar memanjang

Frame	Momen	
	Beban Arah Longitudinal (kNm)	Beban Arah Transversal (kNm)
1	3570.8331	3589.3483
2	5209.9848	5252.4175
3	10501.3347	10541.7286
4	3487.1541	3480.748
5	4990.691	5025.0194

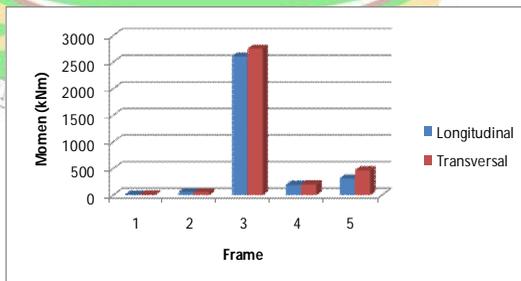


Grafik 5.8. Momen pada gelagar memanjang

- Gelagar melintang

Tabel 5.9. Momen pada gelagar melintang

Frame	Momen	
	Beban Arah Longitudinal (kNm)	Beban Arah Transversal (kNm)
1	11.6856	13.4962
2	59.6254	60.1315
3	2611.6492	2755.5286
4	196.2202	203.2305
5	316.2311	471.6609



Grafik 5.9. Momen pada gelagar melintang

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan terhadap struktur atas Jembatan Kuranji, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Struktur jembatan yang paling kritis berada pada arah sumbu y, hal ini dibuktikan dari *modal load participation ratio* arah $U_x = 86.3864 \%$, $U_y = 97.6344 \%$, dan $U_z = 81.0479 \%$, dimana arah transversal (U_y) memiliki nilai yang paling besar dibandingkan arah U_x dan U_z .
2. Berdasarkan standar yang telah ditentukan, maka frekuensi natural dari jembatan berada dalam kondisi aman yaitu 1.9312 Hz.
3. Berdasarkan analisis dinamis yang dilakukan terhadap struktur jembatan menghasilkan respons struktur yang berbeda. Pada analisis dinamis arah transversal memiliki perpindahan lebih besar 5 % dibanding perpindahan pada analisis dinamis arah longitudinal.
4. Gaya dalam yang dihasilkan dari analisis dinamis arah transversal juga lebih besar dibanding arah longitudinal.
5. Sehingga gempa arah transversal lebih berpengaruh terhadap perilaku struktur jembatan dibanding gempa arah longitudinal.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis tugas akhir ini, maka untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi, penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Untuk analisis selanjutnya, titik tinjau pada perpindahan dan gaya dalam sebaiknya lebih banyak untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan analisis dengan memperhitungkan beban angin.
3. Untuk penelitian berikutnya, bisa dikembangkan analisis struktur dengan mempertimbangkan redaman.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supriyadi, Bambang dan Agus Setyo Mutohar. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- [2] Surviyanto, Anton dan Setyo Hardono. 2011. *Penilaian Kinerja Seismik Jembatan dengan Pendekatan Analisis Pushover*. Bandung : Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- [3] Suyadi. 2011. *Perilaku Jembatan Bentang Menerus Akibat Beban Gempa Rencana SNI-1726-2002 dengan Peta Gempa 2010*. Lampung : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- [4] SNI 2833-2008. 2008. *Standar Perencanaan Gempa untuk Jembatan*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [5] SNI 1726-2012. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

