

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR JEMBATAN TAKKALASI
DENGAN METODE ANALISIS DINAMIK DI KABUPATEN
BARRU**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Fajar**

Oleh

MUH. FAJRUL INZAGHI

1920121106



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2023**

**EVALUASI KINERJA STRUKTUR JEMBATAN TAKKALASI DENGAN
METODE ANALISIS DINAMIK DI KABUPATEN BARRU**

Muh. Fajrul Inzaghi

1920121106

Menyetujui

Tim Pembimbing

Makassar, Tanggal 06 Desember 2023

Pembimbing 1

Pembimbing 2


(Asri Mulva Setiawan, ST., MT)

NIDN. 0921118801


(Sudirman, ST., MT)

NIDN. 0904098404

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Universitas Fajar

Universitas Fajar


(Prof. Dr. Ir. Erniati Bachtiar, ST., MT)

NIDN. 0906107701


(Fatmawaty Rachim, ST., MT)

NIDN. 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas akhir :

“Evaluasi Kinerja Struktur Jembatan Takkalasi Dengan Metode Analisis Dinamik Di Kabupaten Barru” adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 06 Desember 2023



Muh. Fajrul Inzaghi

ABSTRAK

Evaluasi Kinerja Struktur Jembatan Takkalasi Dengan Metode Analisis Dinamik Di Kabupaten Barru, Muh. Fajrul Inzaghi. Jembatan ialah suatu daerah konstruksi yang berfungsi guna meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang posisi lebih rendah, dimana rintangan ini biasanya jalur berbentuk lain ialah jalur air ataupun jalan kemudian lintaa biasa. Dari penjelasan tersebut, dapat dipahami bahwa hadirnya sebuah jembatan memiliki potensi untuk mempengaruhi kemajuan dari aspek kehidupan seperti pengembangan infrastruktur dan pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja struktur jembatan yang ada di Kabupaten Barru.

Penelitian ini, secara garis besar adalah diawali dengan pengumpulan data dan mengidentifikasi data untuk melakukan pemodelan struktur jembatan dan pembebanan pada jembatan. Analisis dan pemodelan struktur jembatan ini menggunakan software lalu dilakukan pembebanan sesuai dengan SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016 hingga ditemukan hasil gaya dalam sebesar SFD dengan nilai 2741,371 Kn, dan BMD dengan nilai 1374,348 Kn dan tingkat kinerja jembatan sesuai dengan pedoman ATC-40.

Kata kunci: Beban,Dinamik,Jembatan,Kinerja

ABSTRACT

Evaluation of the Performance of the Takkalasi Bridge Structure Using Dynamic Analysis Methods in Barru Regency, Muh. Fajrul Inzaghi. The bridge is a construction area that functions to continue the road through a lower obstacle, where this obstacle is usually another path, namely a waterway or normal traffic road. From this explanation, it can be understood that the presence of a bridge has the potential to influence progress from aspects of life such as infrastructure development and economic growth in a region. The purpose of this research is to evaluate the performance of existing bridge structures in Barru District.

This research, in general, begins with collecting data and identifying data for modeling bridge structures and loading on bridges. Analysis and modeling of this bridge structure using software and then loading is carried out in accordance with SNI 1725:2016 and SNI 2833:2016 until the results of internal forces are found to be SFD with a value of 2741.371 Kn, and BMD with a value of 1374.348 Kn and the performance level of the bridge is in accordance with ATC-40 guidelines.

Keywords: Bridge, Dynamics, Performance

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. Karena berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal dengan judul “ **EVALUASI KINERJA STRUKTUR JEMBATAN TAKKALASI DENGAN METODE ANALISIS DINAMIK DI KAB.BARRU** ” . Laporan proposal ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di kampus Universitas Fajar Makassar.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, doa, dan bantuan dari semua pihak yang bersangkutan sejak dari mulai penyusunan hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Maka dari itu penulis mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberi kemudahan dan kelancaran sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta memberikan motivasi baik dalam merupakan materi maupun non materi sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
3. Prof. Dr. Erniati. S.T.,MT, selaku dekan fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.
4. Fatmawaty Rachim. ST.,MT, selaku ketua prodi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar.
5. Asry Mulya Setiawan. S.T., MT selaku pembimbing 1 yang senantiasa meluangkan waktunya serta memberikan pengarahan yang bermanfaat sehingga dapat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Sudirman. S.T., MT selaku pembimbing 2 yang juga selalu memberikan ide-ide dan masukan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Serta teman-teman kampus dan semua pihak terutama Muh. Arfandi, yusran, arsyadisal, dan Rahul nuari beserta yang senantiasa membantu penulis sehingga terselesaikannya skripsi ini.

8. Serta Jessica youmey yang telah senantiasa membantu menemani penulis mengerjakan skripsi ini sampai selesai dan terus memberikan semangat kepada penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan proposal ini demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga proposal ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, 10 April 2023

Muh. Fajrul Inzaghi

DAFTAR ISI

	HALAMAN
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABLE	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Uraian Umum	4
II.2 Jembatan Rangka	4
II.3 Jenis-Jenis Jembatan Rangka Baja	5
II.3.1 Bagian Struktur Jembatan	7
II.3.2 Pembebanan Pada Struktur Jembatan.....	9
II.3.2.1 Beban mati Sendiri (MS).....	9
II.3.2.2 Beban Mati Tambahan (MA).....	9
II.3.2.3 Beban Pejalan Kaki	10

II.3.2.4 Beban Lajur “D” (TD).....	11
II.3.2.5 Beban Gempa (EQ)	12
II.4 Analisis Spektrum	21
II.5. Analisis Pushover.....	22
II.6 Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40	22
II.7 Penelitian Terdahulu	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
III.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	27
III.2 Alat dan Bahan	27
III.2.1 Alat.....	27
III.2.2 Bahan	27
III.3 Pengumpulan Data	27
III.4 Tahapan Penilitan	28
III.5 Pelaksanaan Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
IV.1 Permodelan Struktur	31
IV.2 Data Struktur Jembatan.....	31
IV.3 Perhitungan Pembebanan.....	32
IV.4 Perhitungan Beban Mati	32
IV.5 Perhitungan Beban Hidup.....	33
IV.6 Perhitungan Beban Gempa	36
IV.6.1 Perhitungan Beban Gempa pada Analisis linier	36
IV.6.2 Perhitungan Beban Gempa pada Analisis Non-Linear	38
IV.7 Analisis Linear Statik.....	40
IV.8 Analisis Non Linier dengan Metode Pushover	44

IV.9 Hasil Analisis Pushover	53
IV.9.1 Kurva Gaya Geser Dasar	53
IV.9.2 Titik Kinerja ATC-40.....	56
IV.9.3 Mekanisme Pushover arah X dan Y	58
BAB V PENUTUP.....	62
V.1 Kesimpulan	62
V.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	65
LAMPIRAN 1 PENGIMPUTAN DATA DAN PEMODELAN STRUKTUR JEMBATAN	65
LAMPIRAN 2 HASIL ANALISIS DAN KOMBINASI PEMBEBANAN STRUKTUR JEMBATAN	69

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar II.1 Jembatan Rangka Tipe Standar.....	5
Gambar II.2 Jembatan Rangka Tipe <i>Non Paralel Chord (Parker Truss)</i>	5
Gambar II.3 Jembatan Rangka Tipe <i>Subdivided pratt with substrusts or baltimore truss</i>	5
Gambar II.4 Jembatan rangka Tipe <i>Subdivided Pratt Truss With Subties</i>	5
Gambar II.5 Jembatan Rangka Tipe <i>Petit Truss/Pennsylvania Truss</i>	6
Gambar II.6 Jembatan Rangka Tipe <i>Pratt Truss with no Vertical</i>	6
Gambar II.7 Jembatan Rangka Baja Tipe <i>Truss Standar</i>	6
Gambar II.8 Jembatan Rangka Baja Tipe <i>Curve Chord</i>	6
Gambar II.9 Jembatan Rangka Baja Tipe <i>Subdivided</i>	7
Gambar II.10 Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan.....	7
Gambar II.11 Grafik Besar BTR dengan Bentang Struktur	12
Gambar II.12 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek, SS.....	13
Gambar II.13 Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 detik, S1	13
Gambar II.14 Spektrum Respon Desain	17
Gambar II.15 Peak Ground Acceleration, PGA	18
Gambar II.16 Tipikal Kurva Kapasitas pada Berbagai Tingkat Kinerja Struktur .	22
Gambar III.1 Lokasi Jembatan Takkalasi Kab. Barru.....	27
Gambar III.2 Gambar Kerja Jembatan Takkalasi.....	28
Gambar III.3 Gambar Kerja Jembatan Takkalasi.....	29
Gambar IV. 1 Pemodelan Jembatan di Aplikasi SAP 2000.....	31
Gambar IV. 2 Faktor Beban Dinamis	35
Gambar IV. 3 Respon Spektrum.....	38
Gambar IV. 4 Berat Total Struktur	40
Gambar IV. 5 Pendefinisian Pembebanan	40
Gambar IV.6 Pendefinisian Pembebanan	43
Gambar IV. 7 Define Respon Spektrum Barru.....	41
Gambar IV. 8 Define Load Combination	43
Gambar IV. 9 Set Load Cases to Run.....	43

Gambar IV. 10 Pembebanan Gravitasi	44
Gambar IV. 11 Ttitk Acuan	45
Gambar IV. 12 Result Multiple States.....	45
Gambar IV. 13 Non Linier Parameter	46
Gambar IV. 14 Load Cases arah X.....	47
Gambar IV. 15 Load Application Non Linier arah X.....	47
Gambar IV. 16 Result Multiple States arah X.....	48
Gambar IV. 17 Non Linier Parameter arah X	48
Gambar IV. 18 Load Case Data arah Y	49
Gambar IV. 19 Load Application Non Linier arah Y.....	49
Gambar IV. 20 Result Multiple States arah Y	50
Gambar IV. 21 Non Linier Parameter arah X	50
Gambar IV. 22 Assign Frame Hinges.....	51
Gambar IV. 23 Auto Hinge Assignment Data	52
Gambar IV. 24 Set Load Cases to Run.....	52
Gambar IV. 25 Show Static Pushover Curve	53
Gambar IV. 26 Kurva Arah X	54
Gambar IV. 27 Table displacement arah X.....	54
Gambar IV. 28 Kurva arah Y	55
Gambar IV. 29 Tabel Displacement Y.....	55
Gambar IV. 30 Kurva ATC-40 arah X.....	56
Gambar IV. 31 Kurva ATC-40 arah Y	56
Gambar IV. 32 Pushover arah X Step 2	58
Gambar IV. 33 Pushover arah X Step 10	59
Gambar IV. 34 Pushover arah Y Step 2.....	60
Gambar IV. 35 Pushover arah Y Step 4.....	60

DAFTAR TABLE

HALAMAN

Tabel II. 1 Faktor beban untuk beban sendiri.....	9
Tabel II.2 Beban Mati Tambahan.....	10
Tabel II. 3 Faktor Beban Lajur “D”	11
Tabel II.4 Koefisien Situs, Fa.....	14
Tabel II. 5 Koefisien Situs, Fv	14
Tabel II.6 Nilai Parameter Periode Ct dan X	17
Tabel II.7 Faktor Amplikasi Untuk PGA,FPGA	18
Tabel II.8 Faktor Modifikasi Respon untuk Hubungan antar Elemen Struktur	21
Tabel II.9 Tingkat Kinerja Struktural Bangunan Menurut ATC-40	23
Tabel II.10 Batasan Drift Ratio Menurut ATC-40.....	24
Tabel IV.1 Perhitungan beban Mati Akibat Perkerasan Jalan	33
Tabel IV. 2 Perhitungan Beban Mati Akibat Perkerasan Trotoar.....	33
Tabel IV. 3 Nilai ATC-40.....	57
Tabel IV. 4 Tabel level kerusakan akibat terbentuknya sendi plastis dalam program SAP 2000	59

DAFTAR LAMPIRAN

HALAMAN

LAMPIRAN 1 PENGIMPUTAN DATA DAN PEMODELAN STRUKTUR JEMBATAN	61
LAMPIRAN 2 HASIL ANALISIS DAN KOMBINASI PEMBEBANAN STRUKTUR JEMBATAN	62

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Jembatan ialah suatu daerah konstruksi yang berfungsi guna meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang posisi lebih rendah, dimana rintangan ini biasanya jalur berbentuk lain ialah jalur air ataupun jalan kemudian lintaa biasa. Sebuah jembatan ialah struktur konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan antara dua lokasi dengan tujuan memfasilitasi perjalanan dalam hal ini adalah untuk rute transportasi seperti jalan.

Dari penjelasan tersebut, dapat dipahami bahwa hadirnya sebuah jembatan memiliki potensi untuk mempengaruhi kemajuan dari aspek kehidupan seperti pengembangan infrastruktur dan pertumbuhan ekonomi suatu daerah. Pada penerapannya ada sebagian jenis jembatan yang biasa digunakan. Sebagian jenis jembatan tersebut antara lain merupakan jembatan gantung, jembatan beton bertulang, jembatan kerangka baja, jembatan kabel, serta jembatan melengkung.

Jenis jembatan dengan kerangka terbuat dari baja adalah varian yang sering diaplikasikan di Indonesia. Penggunaan jembatan jenis ini telah dimulai sejak sebelum tahun 1945 dan terus berlanjut hingga saat ini, mengakibatkan banyak jembatan yang sudah tua dari usia yang dengan standarn rencananya serta belum mengalami pengantian karena masalah anggaran atau kurangnya anggran

Pada penerapan di lapangan, suatu ataupun sesuatu struktur jembatan direncanakan buat bisa menahan gempa. Daerah Indonesia ini tercantum kedalam daerah yang sangat berpotensi terhadap gempa bumi disebabkan Indonesia terhitung kedalam daerah yang Ditempatkan di atas tiga lempeng primer yaitu Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Oleh karena itu, potensi terjadinya gempa bumi yang signifikan menjadi dasar perencanaan struktur jembatan agar mampu mengatasi tekanan akibat gempa yang dapat terjadi, sehingga jembatan tersebut tidak menghadapi kehancuran.

Jenis jembatan dengan kerangka terbuat dari baja adalah variasi yang umum Digunakan di area Indonesia, pemanfaatan jembatan berkerangka baja ini telah dimulai sejak sebelum tahun 1945 dan masih berlangsung sampai sekarang. Hal ini mengakibatkan banyak jembatan yang telah melampaui masa pakainya dan belum mengalami usaha penggantian. disebabkan keterbatasan dana (Bina Marga 2009). Oleh sebab itu butuh dicoba penilaian kinerja seismic supaya keruntuhan terhadap jembatan akibat dari gempa bumi bisa diminimalisasi.

Evaluasi ini lebih difokuskan buat mengevaluasi mungkin terbentuknya gempa ataupun beban gempa yang berlebih. Semacam yang telah diuraikan lebih dahulu, sebab Posisi geografis Indonesia akan memiliki dampak signifikan terhadap skala gempa yang akan terjadi. Di daerah Indonesia sendiri besaran gempa yang terjalin disetiap daerah berbeda antar satu daerah dengan daerah yang lain. Tidak hanya itu tingkatan keseriusan gempa yang bisa diperhitungkan dari tahun ketahun hendak senantiasa mengalami transformasi.

Dalam mengevaluasi suatu struktur jembatan tersebut ada sebagian tata cara yang bisa digunakan. Tata cara tersebut yang bisa digunakan merupakan metode analisis dinamik serta metode pushover analisis. Yang pada nantinya metode ini bakal Sebuah beban lateral diterapkan pada titik referensi yang sebelumnya telah ditentukan dalam konteks beban akibat gempa pada struktur jembatan tersebut. Beban ini akan terus ditingkatkan secara bertahap dengan faktor penggandaan sampai struktur tersebut mengalami kegagalan atau runtuh. Dan memberikan informasi tentang tingkat kinerja struktur dan komponen-komponen kritis jembatan dalam situasi yang sangat menantang.

Komponen-komponen jembatan yang akan berada dalam keadaan kritis akan mengalami tindakan penanganan dan pemeliharaan berkelanjutan, dengan tujuan agar struktur jembatan tetap mampu menahan beban yang diberikan. Setelah itu, akan dibuat suatu grafik yang mencerminkan kemampuan struktur jembatan yang akan dianalisis. Grafik ini akan berperan dalam menentukan tingkat kinerja struktur jembatan berdasarkan panduan yang tercantum dalam ATC-40. Salah satu jembatan yang akan dievaluasi adalah jembatan yang terletak di jalan poros Barru-

Makassar yang ada di daerah Kabupaten Barru. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk **“Evaluasi kinerja struktur jembatan Takkalasi dengan metode analisis dinamik di Kabupaten Barru”** berdasarkan peraturan yaitu standar beban minimum pembebanan jembatan menggunakan SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016

I.2 Rumusan Masalah

Bagaimana gaya yang terjadi pada analisa dan pemodelan struktur Jembatan Takkalasi Kabupaten Barru?

I.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada analisa dan pemodelan struktur Jembatan Kabupaten Barru.

I.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan di Jembatan Takkalasi yang berlokasi di Takkalasi, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, Indonesia
2. Pengamatan dilakukan hanya pada struktur atas jembatan atau *super Structure* jembatan
3. Cara yang dipakai untuk menilai performa struktur jembatan adalah dengan menggunakan metode analisis dinamik.
4. Pemberian beban pada jembatan mengikuti prinsip-prinsip pembebanan sesuai dengan standar SNI 03-1725-2016.
5. Beban yang diperhitungkan meliputi beban mati sendiri (MS), beban mati tambahan (MA), beban pejalan kaki (TP) beban lajur “D” (TD), dan beban gempa (EQ).
6. Menghitung beban gempa mengacu pada SNI-2833-2016 dan SNI-1726-2019
7. Pembebanan mengenai tentang jembatan rangka baja.
8. RSNI T - 3 - 2005 Standar Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan
9. SNI 8460 - 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik
10. Penentuan level kinerja struktur mengacu pada standar ATC-40 pada SAP 2000

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Umum

Jembatan rangka baja di Indonesia sudah ada sejak zaman Hindia Belanda, Oleh karena itu, banyak jembatan yang telah melampaui usia yang direncanakan dan belum dapat digantikan karena terbatasnya sumber dana. Selain itu, seiring berjalannya waktu dan teknologi, penambahan beban lalu lintas yang tidak terkendali dan kurangnya pemeliharaan mengakibatkan banyak jembatan rangka baja rusak atau bahkan runtuh. (Dirjen Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, 2009).

Jembatan rangka baja yang merupakan salah satu jenis suprastruktur pada jembatan merupakan bagian penting dari jembatan, sehingga penggunaan jembatan rangka baja harus seefisien dan seefektif mungkin, agar dana yang dialokasikan dapat digunakan. pemulihan, sehingga dana yang dialokasikan dapat digunakan secara optimal.

Analisis dinamik adalah dimana analisis suatu struktur yang mengalami beban gempa yang dimodelkan secara langsung berdasarkan getaran tanah yang terjadi sebagai rekaman percepatan tanah. Analisis dinamik dibagi menjadi 2 yaitu analisis respon spektral dan analisis riwayat waktu. Umpan balik spektral adalah metode analisis struktur gedung dengan menggunakan spektrum seismik yang diplot sebagai kurva hubungan antara periode struktur gedung dengan nilai percepatan gedung itu sendiri saat ini, bahkan saat terkena beban seismik.

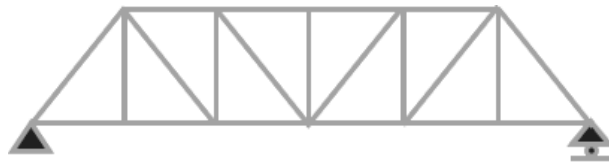
II.2 Jembatan Rangka

Pengertian dari embatan ini adalah jembatan dengan struktur yang dari atau berasal dari batang-batang baja yang disusun dan dihubungkan sehingga menjadi satu kesatuan struktur yang kokoh. Jembatan tipe rangka adalah struktur jembatan yang terdiri dari rangkaian rangka, yang memiliki kapasitas untuk mendistribusikan beban ke masing-masing rangkaian yang terdiri dari elemen-elemen batang tarik dan batang tekan. Batang tarik adalah batang yang dapat menerima tarikan. Saat mendesain palang penegang, ini didasarkan pada tegangan yang diijinkan dari palang penegang. Ketika tegangan yang terjadi tidak melebihi

tegangan yang diijinkan. Batang kompresi adalah batang yang mengalami gaya aksial sepanjang batang.

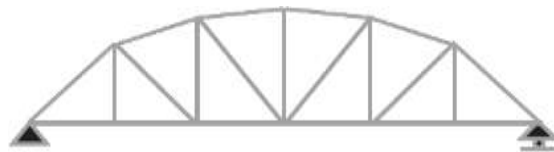
II.3 Jenis-Jenis Jembatan Rangka Baja

Menurut penelitian Muntohar dan Supriyadi (2007), jembatan tipe rangka dapat dibangun menggunakan material seperti kayu atau logam, namun seiring waktu, bahan baja dengan beragam bentuk telah ditemukan sebagai alternatif. Terdapat berbagai variasi jembatan rangka baja yang berbeda. dapat dilihat dari gambar dibawah ini.



Gambar II.1 Jembatan Rangka Tipe Standar

Sumber : Kemen Pu Jendral Bina Marga



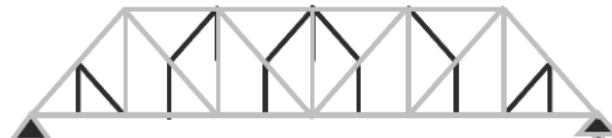
Gambar II.2 Jembatan Rangka Tipe *Non Parallel Chord (Parker Truss)*

Sumber : Bina Marga 2010 Perencanaan Teknik Jembatan



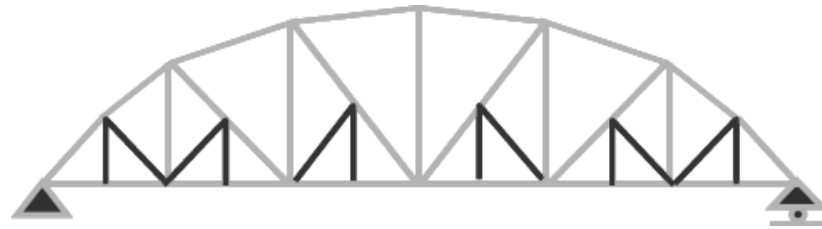
Gambar II.3 Jembatan Rangka Tipe *Subdivided pratt with substruts or baltimomore truss*

Sumber : Bina Marga 2010 Perencanaan Teknik Jembatan



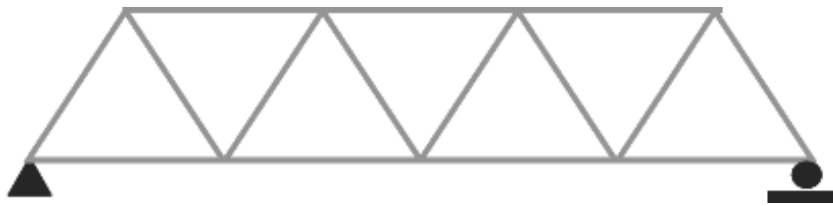
Gambar II.4 Jembatan rangka Tipe *Subdivided Pratt Truss With Subties*

Sumber : Bina Marga 2010 Perencanaan Teknik Jembatan



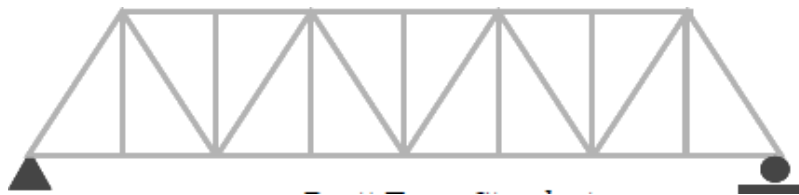
Gambar II.5 Jembatan Rangka Tipe *Petit Truss/Pennsylvania Truss*

Sumber : Bina Marga 2010 Perencanaan Teknik Jembatan



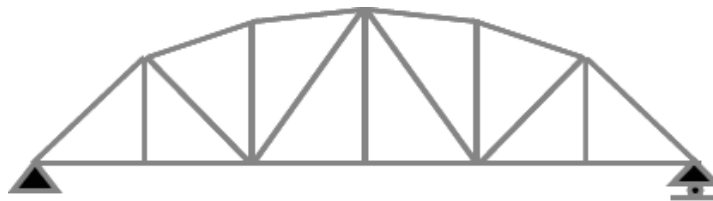
Gambar II.5 Jembatan Rangka Tipe *Pratt Truss with no Vertical*

Sumber : Bina Marga 2010 Perencanaan Teknik Jembatan



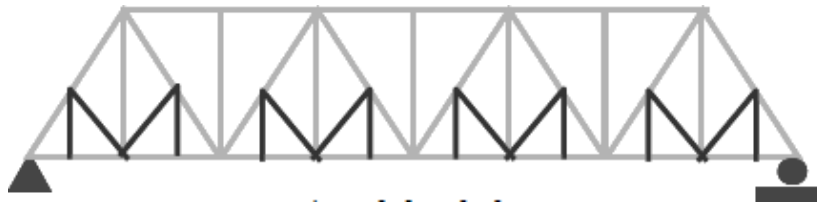
Gambar II.6 Jembatan Rangka Baja Tipe *Truss Standar*

Sumber : Bina Marga 2010 Perencanaan Teknik Jembatan



Gambar II.7 Jembatan Rangka Baja Tipe *Curve Chord*

Sumber : Bina Marga 2010 Perencanaan Teknik Jembatan



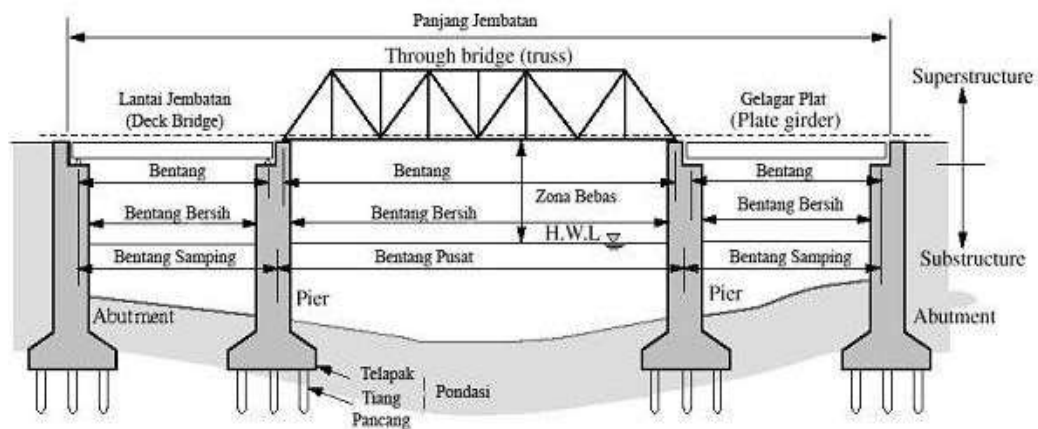
Gambar II.8 Jembatan Rangka Baja Tipe *Subdivided*

Sumber : Bina Marga 2010 Perencanaan Teknik Jembatan

II.3.1 Bagian Struktur Jembatan

Menurut Siswanto (1993), secara keseluruhan bentuk dan bagian struktur jembatan dapat dibedakan menjadi 4 bagian utama, yaitu:

suprastruktur, sub-arsitektur, jalan akses dan bangunan keamanan. Bagian atas (struktur bagian atas) adalah pekerjaan yang berhubungan langsung dengan beban lalu lintas pekerjaan tersebut. Sedangkan struktur bawah adalah struktur yang menerima beban dari struktur di atasnya dan meneruskannya ke lapisan pendukung (tanahkeras) dibawahnya.



Gambar II.9 Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan

Sumber: Chen dan Duan (2000)

1. Struktur Bangunan Atas

Pranowo (2007) menjelaskan bahwa bagian atas atau komponen dari struktur jembatan bertugas untuk menahan beban dari lalu lintas kendaraan, orang, muatan, dan bobot struktur jembatan itu sendiri. Semua beban yang didukung oleh superstruktur kemudian ditransfer ke bawah. Bagian komponen dalam suprastruktur (*upper structure*) pada jembatan

umumnya meliputi:

a. Trotoar:

- Sandaran dan tiang sandaran
- Peninggian trotoar (*Kerb*)
- Slab lantai trotoar

b. Slab lantai kendaraan

c. Gelagar (*Girder*)

d. Balok diafragma

e. Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan melintang)

f. Tumpuan (*Bearing*)

2. Struktur Bangunan Bawah Jembatan (*Sub Structure*)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (modul Pengantar Dan prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah / Pondasi Jembatan, 1998) Bangunan bawah berfungsi untuk menanggung beban yang berasal dari struktur di atasnya, lalu mengalirkan beban tersebut ke pondasi, dan dari pondasi beban diteruskan ke lapisan tanah yang kokoh di bawahnya. Pekerjaan di bawah ini umumnya dibagi menjadi 2 bagian yaitu kepala jembatan (*abutment*) dan pier (pilar jembatan). Saat merencanakan pembangunan jembatan, substruktur perlu lebih diperhatikan. Memang, struktur yang lebih rendah adalah penyalur semua beban yang bekerja pada jembatan, termasuk yang disebabkan oleh pengaruh beban seismik. Bagian-bagian yang termasuk dalam bangunan bawah (*sub structure*) pada jembatan umumnya meliputi:

a. Kepala / Pangkal Jembatan (*abutment*)

1. Dinding belakang (*Back Wall*)
2. Dinding Penahan (*Breast Wall*)
3. Dinding Sayap (*Wing Wall*)
4. Oprit, plat injak (*Approach Slab*)
5. Tumpuan (*Bearing*)
6. Kepala pilar (*Pier Head*)
7. Pilar (*Pier*), yang berupa dinding, kolom, atau portal

II.3.2 Pembebanan Pada Struktur Jembatan

Analisis beban dalam perhitungan struktur jembatan pada rancangan akhir ini, semua peraturan dan besaran beban disesuaikan dengan peraturan beban jembatan SNI T-02-2005. Peraturan ini mengatur beban dan tindakan lain yang akan digunakan dalam perencanaan beban jembatan jalan termasuk pejalan kaki. Dalam analisis beban, beban, perpindahan dan efek lainnya dikelompokkan menjadi:

- a. Beban Mati
- b. Beban Hidup
- c. Beban Lalu Lintas
- d. Beban Gempa

II.3.2.1 Beban mati Sendiri (MS)

Beban mati adalah beban tetap dari beratnya sendiri atau dari bagian jembatan yang ditinjau, termasuk semua elemen tambahan yang dianggap sebagai satu kesatuan dengannya (RSNI T-02-2005). Beban statik yang diperhitungkan dalam perencanaan konstruksi jembatan adalah beban dengan waktu tertentu dari semua bobot komponen struktur dan non struktur jembatan yang bekerja pada setiap struktur yang dihitung.

Tabel II. 1 Faktor beban untuk beban sendiri

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ^S) <i>MS</i>		Keadaan Batas Ultimit (γ^U) <i>MS</i>	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber : SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan

II.3.2.2 Beban Mati Tambahan (MA)

Tidak Serupa dengan bobot sendiri yang mencakup berat bagian-bagian strukturalnya, beban mati tambahan merujuk pada beban yang muncul karena adanya massa ekstra. semua material yang bekerja pada komponen nonstruktural.

Bobot mati tambahan adalah beban akibat berat semua material pada elemen nonstruktural. Biaya ekstra ini dapat fluktuatif dari satu tahun ke tahun berikutnya, tergantung pada keadaan jembatan yang sudah ada.

Suatu contoh yang mengilustrasikan beban mati ini timbul akibat pelaksanaan perkerasan jalan. Seperti halnya dalam perhitungan beban mati inti, bobot material dalam Beban mati tambahan memerlukan dihasilkan dengan mengalikan massa volume dari tipe material yang dipakai. Sesuai dengan pedoman SNI 1725-2016, ada aspek beban yang akan dipakai untuk perhitungan beban mati ekstra tersebut. Aspek beban ini tertera dalam tabel 2.2 yang mengikuti.

Tabel II.2 Beban Mati Tambahan

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ^S_{MA})		Keadaan Batas Ultimit (γ^U_{MA})	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80
Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

Sumber : SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan

II.3.2.3 Beban Pejalan Kaki

Beban yang dikenakan kepada pejalan kaki merujuk pada rangkaian tugas harian yang timbul akibat aktivitas para individu yang berjalan kaki. Beban ini diantisipasi terjadi di area trotoar yang berada pada kedua sisi jalan. Menurut standar SNI 1725-2016, disyaratkan bahwa semua elemen trotoar yang memiliki lebar lebih dari 0,6 meter harus dirancang untuk menahan beban pejalan kaki dengan tingkat keparahan sebesar 5 kPa. Beban yang berasal dari pejalan kaki dihitung sedemikian rupa sehingga akan beriringan dengan beban yang ditimbulkan oleh kendaraan yang berada di setiap jalur jalan. Apabila pada trotoar jembatan yang hendak dibentuk memiliki mungkin buat berganti guna jadi jalan kendaraan, hingga wajib diterapkan pada jarak 250 milimeter dari tepi dalam (SNI 1725-2016).

II.3.2.4 Beban Lajur "D" (TD)

Dalam kasus beban jalur "D," ini terdiri dari dua jenis beban. Jenis-jenis beban tersebut mencakup pembebanan merata (BTR) dan pembebanan garis tengah (BGT). Beban jalur "D" ini akan berlaku pada semua bagian jalur dan akan memiliki dampak terhadap struktur jembatan yang setara dengan rangkaian kendaraan (sesuai SNI 1725-2016). berkata kalau ada sebagian aspek beban yang digunakan dalam perhitungan beban lajur "D". Aspek beban yang digunakan dalam beban lajur "D" tersebut bisa dilihat pada Tabel 2. 3 berikut.

Tabel II. 3 Faktor Beban Lajur "D"

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ^S) <i>TD</i>	Keadaan Batas Ultimit (γ^U) <i>TD</i>
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

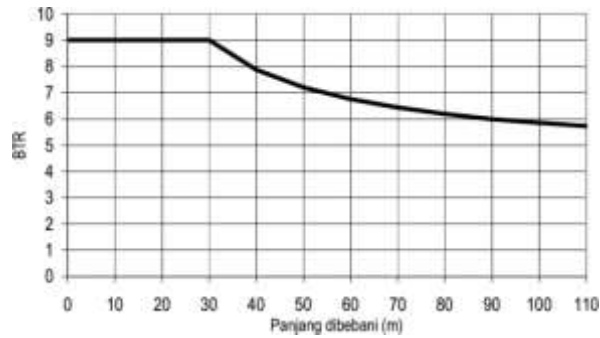
Sumber: SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan

Beban merata yang terbagi

Dalam kasus beban yang terdistribusi merata, terdapat intensitas (q) beban yang nilainya tergantung pada panjang total dari struktur jembatan yang menerima beban. Rumus untuk menghitung intensitas dapat ditemukan dalam persamaan di bawah ini. a) Bila $L \leq 30$ m; $q = 9$ kPa

b) Bila $L > 30$ m; $q = 9 (0,5 + (15/L))$ kPa

Di mana q merupakan keseriusan beban menyeluruh(BTR) pada arah memanjang jembatan. L merupakan panjang total jembatan yang dibebani. Panjang beban L merupakan total panjang BTR yang bekerja di jembatan. BTR wajib dipecah jadi panjang tertentu buat akibat maksimum pada jembatan menerus ataupun struktur khusus.



Gambar II.10 Grafik Besar BTR dengan Bentang Struktur

Sumber: RSNI T-02-2005

Beban garis (BGT) yang memiliki kekuatan P kN/m perlu diletakkan secara vertikal sejajar dengan arah pergerakan kendaraan di atas jembatan. Nilai P adalah 49,0 kN/m. Untuk mencapai momen lentur negatif paling besar pada jembatan berkelanjutan, kedua Beban garis identik tersebut perlu ditempatkan pada lokasi yang saling berlawanan secara lintang terhadap bentangan lainnya pada jembatan. Pembagian beban “D” harus diatur dalam arah melintang sedemikian rupa sehingga menghasilkan momen maksimum. Susunan komponen BTR dan BGT dari beban “D” arah melintang harus sama.

Sedangkan beban “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gardan yang ditempatkan pada beberapa posisi pada jalur lalu lintas yang direncanakan. Setiap gardan terdiri dari dua bidang kontak pembebanan, hal inilah yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat.

II.3.2.5 Beban Gempa (EQ)

Dalam studi ini, terdapat dua kategori yang akan diteliti yaitu mencakup dua jenis, yaitu yang berubah-ubah secara dinamis dan beban gempa yang bersifat tetap. Beban gempa dinamis dipakai dalam analisis linear dan respons spektral diterapkan sesuai dengan lokasi jembatan yang sedang diteliti. Di sisi lain, beban gempa tetap diterapkan dalam situasi analisis yang non-linear dengan menggunakan metode analisis *pushover*. Beban gempa statis dianggap sebagai gaya lateral yang akan berpengaruh pada struktur jembatan. Di bawah ini, terdapat rincian perhitungan yang dilaksanakan untuk menghasilkan respons spektral

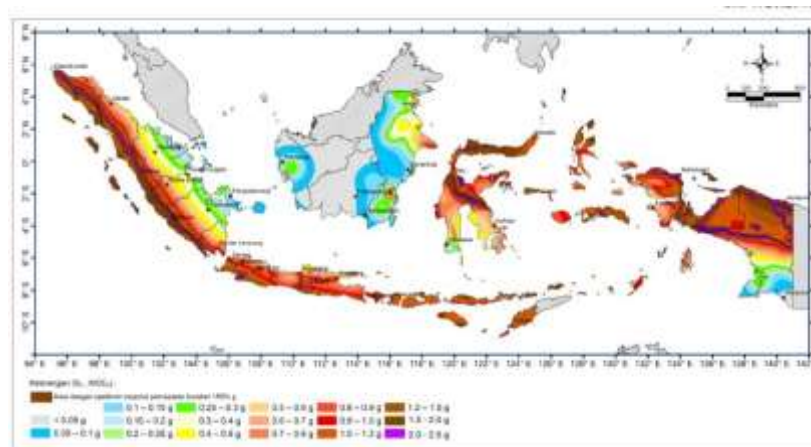
sebagai hasil dari beban gempa dinamis, dan juga perhitungan untuk beban gempa tetap.

1. Respon spektrum

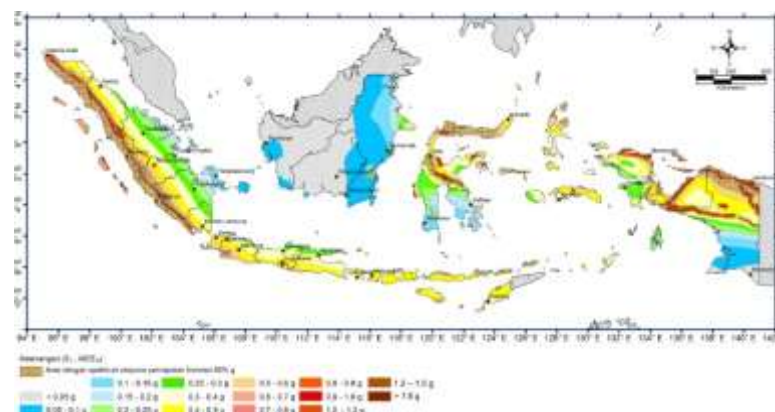
Dalam membuat spektrum respon gempa dilakukan perhitungan beberapa parameter gempa sebagai berikut.

A. Parameter gerakan tanah

Parameter gempa yang dimanfaatkan adalah akselerasi dasar batuan pada interval waktu singkat (S_s) dan akselerasi dasar batuan pada interval waktu 1 detik (S_1). Akselerasi S_s dan S_1 diperoleh dari informasi peta gempa yang tertera dalam pedoman SNI 1726-2019. Peta gempa dapat dilihat pada di bawah ini



Gambar II.11 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek, S_s
sumber: SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung



Gambar II.12 Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 detik, S_1

Sumber: SNI-1726-2019 Tata cara perencanaan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

B. Koefisien situs dan parameter respons spektral

Koefisien respons tanah adalah faktor penguatan getaran seismik yang terjadi dalam dua situasi, yaitu pada periode 0,2 detik (dinyatakan sebagai F_a) dan periode 1 detik (disebut F_v). Dalam menentukan nilai-nilai ini, SNI 1726-2019 telah menguraikan sejumlah nilai yang dapat digunakan dan dapat diakses pada Tabel yang telah disediakan. berikut.

Tabel II.4 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<i>SC</i>	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
<i>SD</i>	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
<i>SE</i>	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
<i>SF</i>	SS(a)					

Sumber: SNI-1726-2019 Tata Cara perencanaan ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Tabel II.5 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SC</i>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
<i>SD</i>	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
<i>SE</i>	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
<i>SF</i>	SS(a)					

Sumber: SNI-1726-2019 Tata Cara Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan
Gedung dan Non Gedung

Sama halnya dalam menentukan koefisien site, dalam menghitung parameter respon spektral terdapat 2 kondisi yaitu pada periode 0,2 detik atau SMS dan pada periode 1 detik atau SM1. Berdasarkan SNI 1726-2019 parameter respon spektral pada 2 kondisi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

Dengan :

S_{MS} = parameter respon spektra pada saat periode 0,2 detik,

S_{M1} = parameter respon spektra pada saat periode 1 detik,

F_a = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada periode 0.2 detik

F_v = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada periode 1 detik

S_s = nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek,

S_1 = percepatan batuan dasar pada periode 1 detik

C. Spektrum percepatan desain parameter

Dalam desain respons spektral, terdapat dua kondisi parameter percepatan yang relevan, yakni akselerasi pada periode 0,2 detik atau SDS, dan akselerasi pada periode 1 detik atau SD1. Berdasarkan pedoman SNI 1726-2019, kedua kondisi ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

Dengan :

S_{DS} = patokan kecepatan pada periode 0,2 detik

S_{D1} = patokan percepatan pada periode 1 detik

S_{MS} = patokan respon spektra pada saat periode 0,2 detik

S_{m1} = patokan respon spektra pada saat periode 1 detik

D. Penggambaran respon spektrum

Dengan melaksanakan perhitungan sebagaimana diuraikan pada bagian sebelumnya, langkah selanjutnya adalah menciptakan grafik respons spektral yang tergantung pada posisi pantulannya. Pedoman Sesuai Standar Nasional 1726-2019 mengindikasikan bahwa dalam pembentukan grafik respons spektrum, terdapat beberapa panduan yang harus diikuti, seperti dijelaskan di bawah ini.

1) Pada saat periode lebih kecil dari T_0 , spektrum percepatan desain, S_a , dihitung dengan persamaan berikut

$$S_a = S_{DS}(0,4+0,6 T/T_0)$$

2) Untuk nilai T lebih besar dari T_0 namun lebih kecil atau sama dengan T_S , nilai spektrum percepatan desain, S_a , besarnya diambil sama dengan S_{DS} .

3) Bagi nilai T yang berada pada atau melebihi T_0 namun kurang dari atau setara T_L , nilai spektrum percepatan desain, S_a , dihitung dengan rumus berikut.

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

4) Untuk patokan T lebih besar T_L maka nilai spektrum percepatan desain, S_a , dihitung menggunakan dengan.

$$S_a = \frac{S_{d1} \times T_L}{T^2}$$

Dengan :

S_a = spektrum percepatan desain.

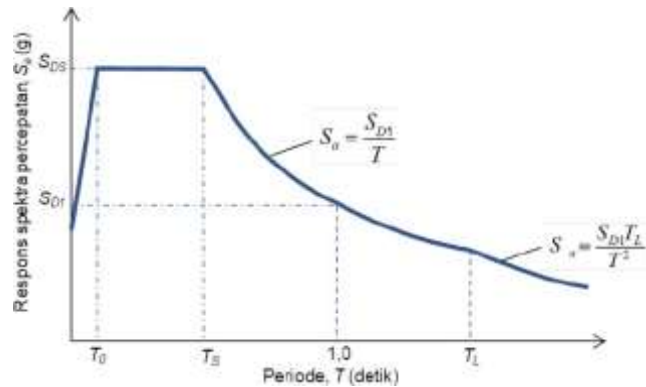
S_{DS} = patokan percepatan pada periode 0,2 detik.

S_{D1} = patokan percepatan pada periode 1 detik.

T = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_L = peta transisi periode panjang pada gambar dibawah.



Gambar II.13 Spektrum Respon Desain

Sumber : SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

2. Beban Gempa Statik

Diketahui yang terjadi dalam perhitungan beban dinamik, begitupun dengan statik juga digunakan kalkulasi parameter gempa. Dalam penelitian ini, perhitungan gempa statik mengacu pada pedoman SNI 2833-2016 dan SNI 1726-2019. Di bawah ini adalah perhitungan gempa yang diterapkan untuk mengestimasi beban gempa statik.

a. Waktu getar struktur (T)

Waktu getar struktur dihitung menggunakan periode fundamental pendekatan yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$T = C_t \times H^x$$

Dengan :

T = waktu getar struktur (detik).

H = tinggi struktur (meter).

Dimana koefisien C_t dan x menggunakan nilai yang ada ditabel 2.6 berikut

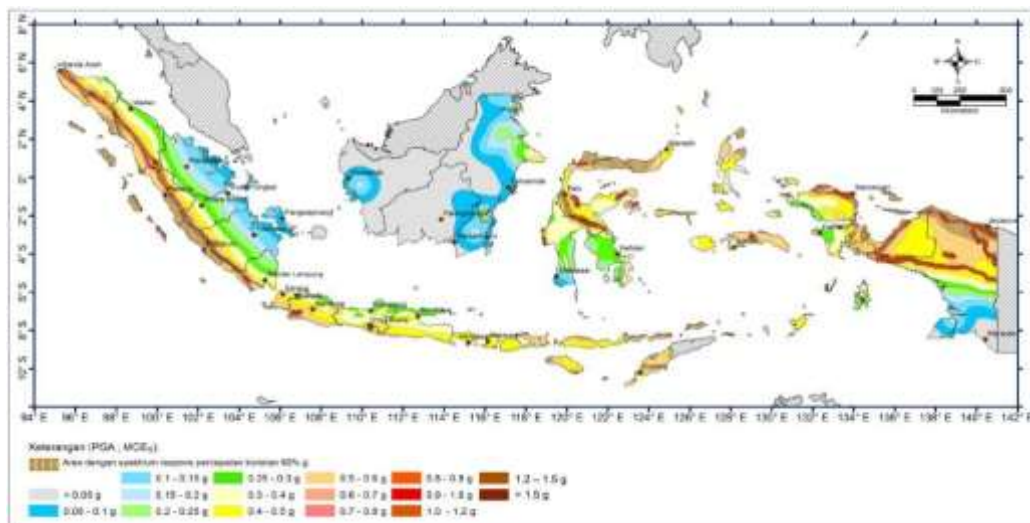
Tabel II.6 Nilai Parameter Periode C_t dan X

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik: <ul style="list-style-type: none"> • Rangka baja pemikul momen • Rangka beton pemikul momen 	0,0724	0,8
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

b. *Peak Ground Acceleration (PGA)*

Dalam menentukan nilai percepatan puncak batuan dasar atau PGA digunakan bantuan berupa peta gempa yang dapat dilihat pada Gambar 2.15 berikut ini



Gambar II.14 Peak Ground Acceleration, PGA

Sumber SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

c. Faktor amplikasi untuk PGA (F_{PGA})

Menurut SNI 1726-2019 faktor amplifikasi PGA ditentukan berdasarkan Tabel 2.7 berikut.

Tabel II.7 Faktor Amplikasi Untuk PGA, F_{PGA}

Kelas Situs	PGA ≤ 0,1	PGA = 0,2	PGA = 0,3	PGA = 0,4	PGA = 0,5	PGA ≥ 0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1
SE	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1
SF	SS(a)					

Sumber : SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

d. Koefisien percepatan puncak muka tanah (A_s)

Menurut SNI 2833-2016 koefisien percepatan puncak tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$A_s = F_{PGA} \times PGA$$

Dengan :

F_{PGA} = faktor amplifikasi untuk PGA

PGA = peak ground acceleration.

e. Koefisien respon gempa elastic (C_{sm})

Untuk menghitung koefisien gempa elastis ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut.

1) Pada periode kurang dari T_0 , koefisien respons gempa elastis, C_{sm} , dihitung dengan persamaan berikut

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

2) Untuk periode yang lebih besar dari T_0 tetapi lebih kecil atau sama dengan T_S , koefisien respons gempa elastik, C_{sm} , dianggap sama dengan S_{DS} .

3. Untuk periode yang lebih besar atau sama dengan T_0 tetapi lebih kecil atau sama dengan T_L , nilai koefisien respons gempa elastis C_{sm} dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dengan :

C_{sm} = koefisien respon gempa elastik

S_{DS} = patokan percepatan pada periode 0,2 detik

S_{D1} = patokan percepatan pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

$T_0 = 0,2 \times T_s$

$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

f. Faktor modifikasi respon (R)

Menurut SNI 2833-2016 faktor modifikasi respon ditentukan berdasarkan Tabel 2.8 berikut

Tabel II.8 Faktor Modifikasi Respon untuk Hubungan antar Elemen Struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori Kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Sumber : SNI-2833-2016 Perencanaan jembatan Terhadap Beban Gempa

G. Beban gempa statik (EQ)

Untuk melakukan perhitungan sejumlah parameter gempa sebagaimana diuraikan sebelumnya, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan beban gempa statik yang akan diterapkan pada struktur yang sedang dianalisis. Perhitungan beban gempa sesuai dengan pedoman SNI 1725-2016 dapat dilakukan dengan menerapkan persamaan ini.

$$EQ = W_t \times \frac{C_{SM}}{R_d}$$

Dengan :

E_Q = gaya gempa horizontal statis (kN).

C_{sm} = koefisien respons gempa elastis.

R_d = faktor modifikasi respons/

W_t = berat total struktur (kN).

II.4 Analisis Spektrum

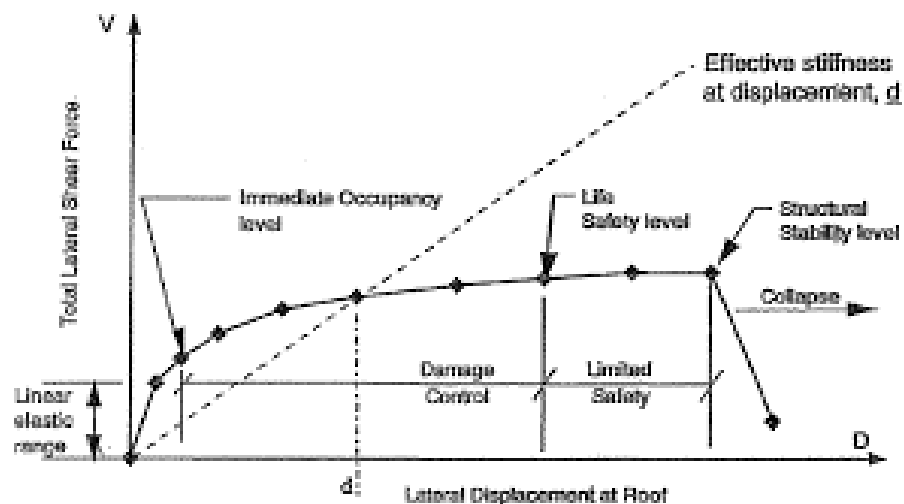
Pengertian respon spektral adalah respon maksimum dari sistem struktur Single Degree of Freedom (SDOF) percepatan, kecepatan, dan perpindahan ketika struktur dibebani dengan gaya eksternal tertentu. Absis dari respon spektral adalah periode natural dari sistem struktur dan ordinat dari respon spektral adalah respon maksimum. Kurva respon spektral akan menunjukkan simpangan relatif maksimum (S_d), kecepatan relatif maksimum (S_p) dan percepatan total maksimum (S_a).

II.5. Analysis Pushover

Analisis ini melibatkan penerapan beban lateral secara bertahap pada struktur jembatan, yang kemudian ditingkatkan hingga mencapai titik keruntuhan. Dari analisis ini akan mengungkapkan gaya paling besar yang dapat diberdayakan oleh struktur jembatan. Selain nilai gaya maksimum, analisis ini juga akan memberikan informasi mengenai hal-hal lainnya. Wawasan mengenai perubahan bentuk yang terjadi pada struktur dan mampu mengidentifikasi elemen-elemen kritis dalam struktur jembatan.

II.6 Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40

Setelah analisis selesai, langkah selanjutnya adalah menentukan tingkat performa dari struktur yang sedang dianalisis. Analisis ini akan menggambarkan tingkat kerusakan pada tiap komponen struktur akibat penambahan beban. Dari tingkat kerusakan ini, evaluasi dan klasifikasi performa struktur yang sedang ditinjau dapat dilakukan. Terdapat beberapa tingkat performa berdasarkan panduan ATC-40 yang bisa dipahami melalui kurva yang menghubungkan pergeseran lateral dengan besarnya gaya yang diberikan, seperti yang digambarkan dalam Gambar dibawah.



Gambar II.15 Tipikal Kurva Kapasitas pada Berbagai Tingkat Kinerja Struktur

sumber ATC-40

Lebih lanjut Tavio dan Wijaya (2018) menjelaskan lebih lanjut mengenai tingkat kinerja struktural yang dikeluarkan oleh ATC-40 yang dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut.

Tabel II.9 Tingkat Kinerja Strukutr Bangunan Menurut ATC-40

Tingkat Kinerja	Kondisi Bangunan
<p>SP-1 <i>Immediate Ocupancy</i> (IO)</p>	<p>Bangunan dianggap aman ketika terjadi gempa risiko kerusakan struktur menjadi minim, sehingga dapat segera digunakan kembali.</p>
<p>SP-2 <i>Damage Control</i> (DO)</p>	<p>Ini adalah peralihan antara kondisi Hunian Langsung (<i>Immediate Occupancy, IO</i>) SP-1 dan Kemanusiaan Utama (<i>Life Safety, LS</i>) SP-3. Untuk ini, struktur tetap memiliki kapabilitas untuk bertahan saat terjadi gempa, dan risiko terhadap keselamatan manusia sangat minim.</p>
<p>SP-3 <i>Life Safety</i> (LS)</p>	<p>Meskipun ada kerusakan pada struktur bangunan, namun tidak diperbolehkan mengalami keruntuhan yang mengakibatkan kematian manusia (risiko kematian sangat rendah). Setelah gempa terjadi, bangunan dapat kembali beroperasi setelah komponen struktural dan non-struktural diperbaiki.</p>
<p>SP-4 <i>Limited Safety</i></p>	<p>Perubahan dari SP-3 ke SP-4 adalah perpindahan, dan bukan merupakan tingkat kinerja struktural. Pada situasi ini, aspek ekonomi tidak menjadi pertimbangan dalam melakukan perbaikan setelah terjadi gempa.</p>

<p>SP-5 <i>Structural Stability</i> (SS)</p>	<p>Struktur mengalami kerusakan sampai pada titik di mana keruntuhan total atau sebagian dapat terjadi. Meskipun keseluruhan stabilitas berada pada ambang keruntuhan, komponen struktur yang bertanggung jawab atas beban gravitasi masih tetap beroperasi.</p>
<p>SP-6 <i>Not Considered</i></p>	<p>Tidak termasuk dalam tingkat kinerja struktur, tetapi hanya diterapkan dalam evaluasi seismik untuk komponen non-struktural atau perbaikan tambahan.</p>

(Sumber Tavio dan Wijaya 2008)

Dalam menilai performa struktur, ATC-40 mengeluarkan pembatasan rasio geseran untuk ditinjau. Pembatasan ini dapat ditemukan dalam table yang terlampir di bawah.

Tabel II.10 Batasan Drift Ratio Menurut ATC-40

Parameter	Tingkat Kinerja Struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Maksimum total <i>drift</i>	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 V_i / P_i
Maksimum inelastik <i>drift</i>	0,005	0,005-0,0015	Tidak ada Batasan	Tidak ada batasan

(Sumber : ATC-40)

II.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan bagi penulis untuk melakukan penelitiannya sehingga penulis dapat menambahkan teori-teori yang akan digunakan untuk mengkaji penelitian yang dilakukan.

Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Judul Penelitian
KURNIAWAN MEGA MAHARDIKA ,2016	Mengetahui gaya-gaya yang terjadi dalam pemodelan struktur Ketika dilakukan analisis linier jembatan dan tingkat kinerja struktur jembatan menurut ATC-40 jembatan sardjito	Level kinerja struktur jembatan sardjito berdasarkan metode ATC-40 adalah <i>Immediate Occupancy</i>	EVALUASI KINERJA STRUKTUR ATAS JEMBATAN SARDJITO 1 DENGAN MENGGUNAKAN METODE PUSHOVER ANALYSIS
Azka Fardany Ibady, 2018	Mengetahui pengaruh penurunan mutu jembatan dan modulus elastis struktur jembatan rangka tipe K-Truss terhadap kapasitas jembatan dalam menahan beban gempa dua arah dan tiga arah	Penggunaan mutu material baja yang tidak seragam menyebabkan terjadinya penurunan kekakuan yang signifikan dibandingkan dengan mutu material yang seragam.	ANALISIS KAPASITAS STRUKTUR JEMBATAN RANGKA TIPE K-TRUSS MUTU BAJA TIDAK SERAGAM DALAM MENAHAN BEBAN GEMPA DUA ARAH DAN TIGA ARAH
Dianita Ika Roshinta Dewi, 2020	untuk mengetahui level kinerja dari struktur Gedung yang digunakan	Mendapatkan nilai titik kinerja (performance	EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN METODE PUSHOVER ANALYSIS

	<p>sebagai acuan kerusakan dan kondisi struktur setelah terjadi gempa.</p>	<p>point) Gedung tersebut untuk push x adalah $S_a= 0,091$ dan $S_d= 0,017$ sedangkan untuk nilai dari push y adalah $S_a= 0,089$ dan $S_d= 0,016$.</p>	<p>SESUAI PEDOMAN ATC-40</p>
--	--	---	------------------------------

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Dalam laporan proposal tugas akhir ini, dibutuhkan tahapan pengerjaan yang teratur dan sistematis agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan di akhir penyusunan laporan. Waktu pelaksanaan akan dilaksanakan kurang lebih selama 1 bulan. Mulai dari bulan April 2023 bertempat di daerah Takkalasi Kab. Barru Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar III.1 Lokasi Jembatan Takkalasi Kab. Barru

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

Pada penelitian ini Menggunakan PC atau Laptop dan aplikasi SAP 2000 untuk Analisa struktur

III.2.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Gambar-gambar rencana struktur atau Detail Engineering Design (DED).
2. Gambar kerja dari Jembatan Takkalasi.

III.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder. Informasi ini diakses melalui media atau perantara seperti buku, catatan, atau studi yang telah dilakukan

pada objek penelitian yang sedang diinvestigasi. Data ini bisa termasuk informasi dari proyek-proyek sebelumnya, gambar-gambar teknis, karakteristik material, dan lain sejenisnya yang mendukung proses penulisan ini.

III.4 Tahapan Penilitan

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perumusan masalah

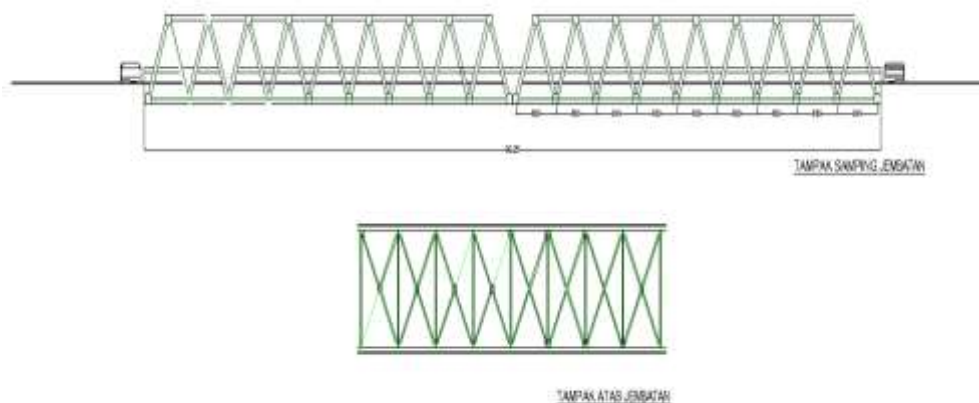
Proses merumuskan masalah ini mencakup penguraian masalah, pemilihan topik, dan identifikasi tujuan dan manfaat dari penelitian ini.

2. Studi literatur

Mengadakan penyelidikan pustaka sebagai tahap awal dalam mencari informasi terkait dengan rencana penelitian. Untuk mengumpulkan informasi ini, dilakukan pencarian literatur dari beragam sumber seperti artikel ilmiah, buku, dan laporan penelitian sejenis yang dapat mendukung jalannya penelitian ini.

3. Pengumpulan data

Dalam langkah ini, diperlukan data seperti gambar rencana dan karakteristik material yang digunakan dalam struktur jembatan berkerangka baja. Dalam penelitian ini, karakteristik material yang terlibat melibatkan beton dengan kuat tekan f_c sekitar 22 MPa, sementara material baja memiliki tegangan luluh f_y sebesar 250 MPa dan tegangan tarik f_u sebesar 360 MPa. Penetapan mutu material ini merujuk pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No 03/SE/M/2016 mengenai Panduan Penilaian Beban pada Jembatan Eksisting.



Gambar III.2 Gambar Kerja Jembatan Takkalasi

Adapun Penulis juga mengambil dokumentasi atau foto untuk Jembatan Takkalasi dalam Kondisi sekarang yang terdapat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar III.3 Gambar Kerja Jembatan Takkalasi

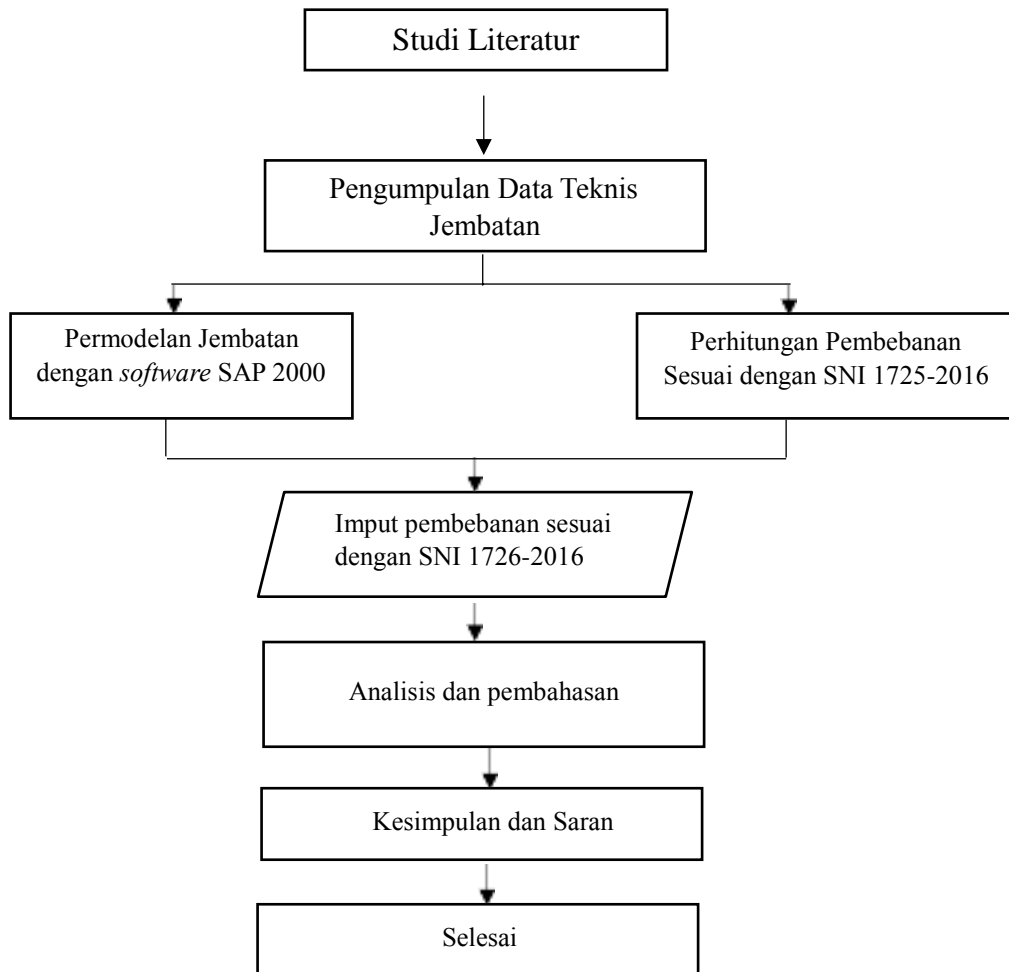
4. Tahap permodelan dan analisis

Setelah memperoleh informasi yang diperlukan, langkah berikutnya melibatkan proses pemodelan dan analisis. Proses pemodelan dan analisis dalam penelitian ini diterapkan dengan memanfaatkan perangkat lunak SAP 2000. Melalui analisis yang dijalankan, akan diperoleh informasi tentang keadaan kelayakan struktur jembatan.

5. Tahap kesimpulan dan saran

Pada langkah ini, terdapat rangkuman hasil dari analisis yang telah terealisasi dan rekomendasi untuk studi yang akan datang.

III.5 Pelaksanaan Penelitian



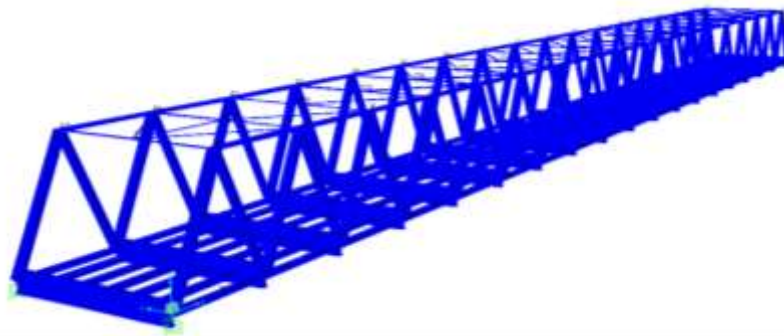
Gambar III.4 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Permodelan Struktur

Dalam hasil penelitian ini, struktur jembatan yang akan dimodelkan dengan menggunakan bantuan aplikasi *software* SAP 2000 version 22. Dan tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi kinerja struktur jembatan ini yang sedang terpasang sekarang. Analisis menggunakan SAP 2000 yang diharapkan menghasilkan hasil sesuai dengan data yang ada. Tapi Langkah awal yang akan dilakukan penulis adalah melakukan pemodelan struktur jembatan yang berada di Kab.Barru.



Gambar IV. 1 Pemodelan Jembatan di Aplikasi SAP 2000

IV.2 Data Struktur Jembatan

Berikut adalah data jembatan yang ada di Barru

1. Nama Jembatan : Jembatan Takkalasi
2. Tipe Bangunan Atas : Rangka Baja tipe Warren
3. Jumlah bentang : 2 Bentang
4. Panjang Jembatan : 92,25 Meter
5. Lebar Jembatan : 9 Meter
6. Lebar Jalan : 7 Meter
7. Lebar Trotoar : 1 Meter (2 x 1 Meter)
8. Tebal Trotor : 16 cm
9. Mutu Baja : $f_u = 360$ Mpa. $F_y = 250$ Mpa
11. Kelas Jembatan : A

12. Spesifikasi Elemen Baja

Elemen diagonal 1	: IWF 400.280.40.20
Elemen Diagonal 2	: IWF 300.300.40.20
Gelagar Memanjang	: IWF 400.250.30.25
Gelagar Melintang	: IWF 1000.250.30.25
Ikatan Angin	: IWF 20.20.3.2

IV.3 Perhitungan Pembebanan

Dalam penelitian kali ini, perhitungan beban pada struktur jembatan yaitu beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban pejalan kaki, beban lalu lintas/kendaraan dan beban gempa. Pembebanan ini berpatok terhadap SNI 1725-2019 mengenai pembebanan untuk jembatan dan SNI 2833-2016 untuk perhitungan beban gempa.

IV.4 Perhitungan Beban Mati

Beban mati sendirinya terbagi menjadi dua yaitu beban mati sendiri dan beban mati tambahan sebagaimana sudah dijelaskan sebelumnya atau pada bab sebelumnya. Namun beban mati ini sudah terimput otomatis pada SAP 2000

1. Perhitungan Beban Mati Tambahan akibat Perkerasan Jalan

Pada jembatan ini Dalam informasi tersebut, tercatat bahwa material memiliki pelat dengan ketebalan 28 cm. Dalam proses perhitungan ini, diperhitungkan juga ketebalan lapisan aspal dan ketebalan lapisan air yang masing-masing memiliki tebal sekitar 5 cm. Dengan data-datanya, penulis dapat melaksanakan perhitungan yang terperinci di dalam table. IV.1 dibawah.

Tabel IV.1 Perhitungan beban Mati Akibat Perkerasan Jalan

Uraian	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Beban (kN/m ²)
Genangan Air	0,05	10	0,50
Aspal	0,05	22	1,10
Total Beban Mati			1,60

2. Perhitungan Beban Mati Tambahan akibat Perkerasan Trotoar

Pada struktur Jembatan Takkalasi diketahui tebal trotoarnya adalah sebesar 16 cm dengan jarak per segmen sebesar 5,125 meter dan diketahui juga berat volume beton adalah sebesar 24 kN/m³. Dengan perhitungan yang sama sebelumnya, diperkirakan untuk tebal genangan air adalah sebesar 5 cm. dan akan dilakukan perhitungan yang sama dengan sebelumnya dan dapat dilihat pada tabel IV.2 dibawah.

Tabel IV. 2 Perhitungan Bebn Mati Akibat Perkerasan Trotoar

Uraian	Tebal (m)	Berat Jenis (kN/m ³)	Beban (kN/m ²)
Trotoar	0,16	24	19,68
Genangan Air	0,05	10	0,50
Total Beban Mati			20,18

IV.5 Perhitungan Beban Hidup

Dalam perhitungan ini hanya ada atau bekerja pada sebuah struktur jembatan terdiri dari dua yaitu, beban pejalan kaki dan beban lalu lintas. Menurut SNI 1725-2016 beban lalu lintas terdiri beban lajur D dan beban Truk T. Tetapi penulis hanya dapat melakukan perhitungan beban lajur D pada penelitian ini dikarenakan untuk mencari atau menentukan beban lajur T dilakukan analisis plat lantai pada suatu struktur jembatan dan karena pada penelitian ini penulis tidak melakukan analisis pelat lantai pada struktur jembatan takkalasi. Hal ini sesuai dengan SNI 1725-2016. Oleh karena itu perhitungan hanya dengan beban lajur D, dan perhitungan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

1. Beban pejalan kaki

Struktur Jembatan Takkalasi mempunyai trotoar yang diketahui berukuran lebar sekitar 1 meter dikeduaanya. Bagian trotoar diketahui lebar dari 0,6 m atau 600 mm atau lebih dari itu akan direncanakan mampu memikul beban pejalan kaki dengan perkiraan intensitas 5 kPa. Hal ini sesuai dengan pedoman SNI 1725-2016 yang diterapkan.

$$\begin{aligned}\text{Beban Pejalan Kaki (TP)} &= 5 \text{ kpa} \times \text{lebar segmen} \times \text{lebar trotoar} \\ &= 5 \times 5,125 \times 1 \\ &= 25,625 \text{ kN/m.}\end{aligned}$$

2. Beban Lajur D

Dalam Pembebanan ini terdiri dari atas 2 pembebanan. 2 pembebanan tersebut adalah beban terbagi merata (BTR) dan beban beban garis terpusat (BGT). Untuk perhitungan beban jalur D dapat dilihat sebagai berikut.

a. BTR (beban terbagi rata)

Jembatan ini mempunyai struktur dengan panjang 92,25 meter. Adapaun rumus yang akan digunakan sesuai dengan SNI 1725-2016 jika panjang jembatan atau bisa disebut (L) melebihi 30meter akan digunakan rumus tersebut. Dengan panjang tersebut, Jembatan ini akan dilakukan perhitungan sesuai dengan acuan SNI 1725-2016 yang beban terbagi rata dapat dilakukan perhitungan dengan rumus seperti berikut.

$$\text{Bila } L > 30 \text{ m: } q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right)$$

$$\begin{aligned}\text{BTR (beban Terbagai Rata)} &= 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{92,25}\right) \\ &= 5,96 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Diketahui struktur Jembatan Takkalasi dengan panjang segmen 5,125 m, sesudah itu akan dilakukan perhitungan BTR (Beban Terbagi Rata) dibawah ini.

$$\begin{aligned}\text{BTR per segmen} &= 5,96 \times 5,125 \\ &= 30,545 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Jembatan ini termasuk kedalam jembatan yang masuk dalam klasifikasi Kelas A oleh karena itu beban lalu lintas yang ada di Jembatan Barru

hanya 100% dikarenakan hanya jembatan Kelas b yang beban lalu lintasnya mencapai 70%. Oleh karena itu

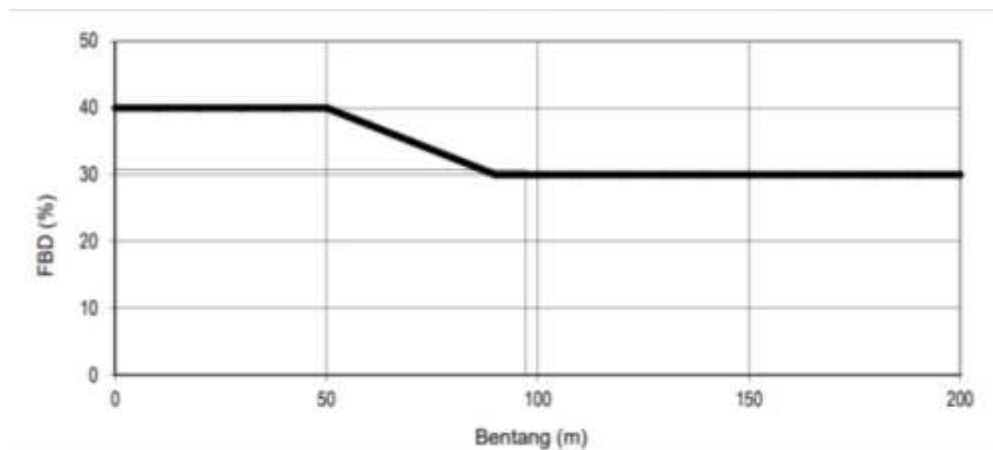
$$\begin{aligned} \text{BTR (Beban Terbagi Rata)} &= 100\% \times 30,545 \text{ kN/m} \\ &= 30,545 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. BGT (Beban Garis Terpusat)

Untuk pembebanan BGT (Beban Garis Terpusat) sesuai dengan SNI 1725-2016 mengenai pembebanan untuk Jembatan agar atau harus ditempatkan terhadap arah arus lalu lintas pada jembatan adalah mengarah tegak lurus. Oleh karena itu untuk besar BGT (Beban Garis Terpusat) pada penelitian ini adalah sebesar 49 kN/m. Namun terlebih dahulu intensitas beban tersebut harus dikalikan dengan FBD (Faktor Beban Dinamis) seperti dibawah ini.

1. FBD (Faktor Beban Dinamis)

Jembatan yang ada di Barru ini diketahui mempunyai panjang bentang 92,25 meter maka dari itu penulis dapat mengetahui nilai Faktor beban Dinamis (FBD) yang akan digunakan pada penelitian ini, seperti gambar dibawah



Gambar IV. 2 Faktor Beban Dinamis

Dapat dilihat dari grafik diatas atau pada gambar IV.2 didapatkan FBD (Faktor Beban Dinamis) yaitu sebesar 31,125% sehingga dapat dilakukan perumusan atau analisis menggunakan FBD (Faktor Beban Dinamis) berikut.

$$\begin{aligned}\text{Faktor Beban Dinamis (FBD)} &= 1 + \left(\frac{31,125}{100}\right) \\ &= 1,311\end{aligned}$$

2. BGT (Beban Garis Terpusat)

Setelah mendapatkan FBD (Faktor Beban Dinamis), maka setelah itu akan dilakukan perhitungan BGT (Beban Garis Terpusat) Per Segmen pada Jembatan Takkalasi.

$$\begin{aligned}\text{BGT (Beban Garis Terpusat)} &= \text{FBD} \times \text{BGT} \times \text{Lebar segmen} \\ &= 1,31 \times 49 \times 5,125 \\ &= 328,973 \text{ kN}\end{aligned}$$

Seperti perhitungan sebelumnya BTR (Beban Terbagi Rata), untuk hasil perhitungan ini perlu dikalikan 100% karena Jembatan Takkalasi termasuk ke dalam Jembatan kelas A maka dari itu.

$$\begin{aligned}\text{BGT (Beban Garis Terpusat)} &= 328,973 \times 100\% \\ &= 328,973 \text{ kN}\end{aligned}$$

IV.6 Perhitungan Beban Gempa

Untuk melakukan perhitungan beban gempa pada penelitian ini, terdapat 2 jenis yaitu, beban gempa dinamik dan gempa statik ekuivalen. Dan masing-masing beban gempa tersebut mengacu pada Standar Nasional Indonesia yang berbeda. Untuk beban gempa dinamik untuk analisis linier statiknya mengacu atau berpedoman pada SNI 1725-2019 dan untuk beban gempa statik ekuivalen mengacu atau berpedoman pada SNI 2833-2016 dan menggunakan analisis non linier menggunakan cara *pushover analysis*.

IV.6.1 Perhitungan Beban Gempa pada Analisis linier

1. Desain Respon Spektrum

Pendesainan ini harus atau harus dilakukan perhitungan parameter gempa sesuai dengan tempat yang ada di Barru. Dan didalam perhitungan ini akan dihitung sesuai dengan SNI 1726-2019. Diketahui Jembatan ini bertempat di

Kab.Barru dengan kelas situs SD atau tanah sedang. Data dan perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

a. Percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s)

Percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) didapatkan dari website Respon Spektra Indonesia PUPR yang menunjukkan Kab.Barru memiliki nilai percepatan batuan dasar periode pendek (S_s) sebesar 0,5.

b. Percepatan batuan dasar periode 1 detik (S_1)

Percepatan batuan dasar periode 1 detik (S_1) didapatkan dari website Respon Spektra Indonesia PUPR yang menunjukkan Kab.Barru memiliki nilai percepatan batuan dasar periode pendek (S_1) sebesar 0,2.

c. Koefisien situs

Berdasarkan Respon Spektra Indonesia pada penelitian ini dapat dilihat atau dapat didapatkan nilai F_a sebesar 1,4 dan F_v 2,2.

d. Parameter respon Spektrum

$$\begin{aligned} 1) S_{MS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,4 \times 0,5 \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) S_{M1} &= F_v \times S_1 \\ &= 2,2 \times 0,2 \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

e. Parameter percepatan spectral desain

$$\begin{aligned} 1) S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,7 \\ &= 0,466 \end{aligned}$$

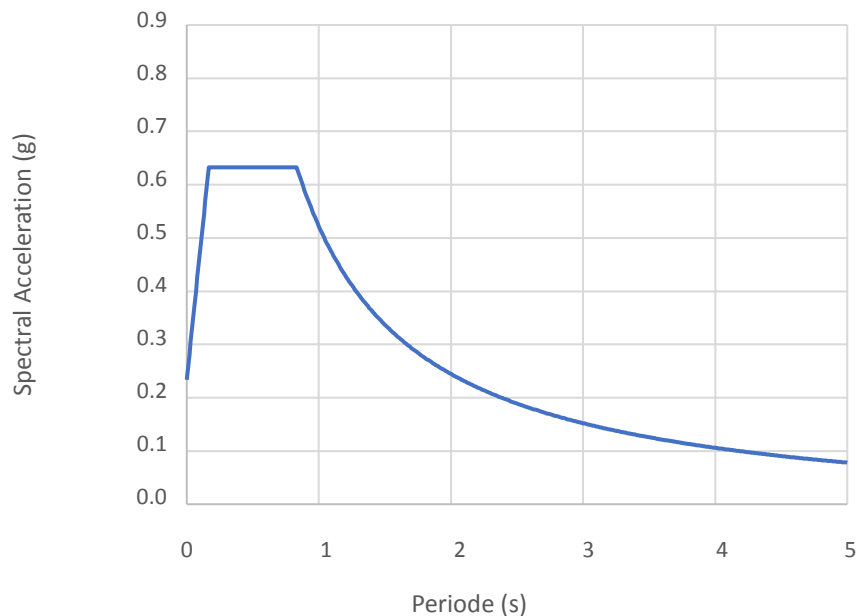
$$\begin{aligned} 2) S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,44 \\ &= 0,293 \end{aligned}$$

f. Periode fundamental struktur (T)

$$\begin{aligned} 1) T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{Ds}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,293}{0,466} \\ &= 0,125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{Ds}} \\ &= \frac{0,293}{0,466} \\ &= 0,628 \end{aligned}$$

Maka dapat disimpulkan gempa diatas berkisaran 6 SR (*Skala Ritceher*)



Gambar IV. 3 Respon Spektrum

IV.6.2 Perhitungan Beban Gempa pada Analisis Non-Linear

1. Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen

Untuk menentukan atau melakukan perhitungan pada beban gempa statik ekuivalen harus mengacu pada SNI 2833-2016 dan SNI 1726-2019. dan untuk analisis non-linear ini akan menggunakan metode *analysis Pushover*.

a. Perhitungan T (waktu Getar Struktur)

$$\begin{aligned}
T &= C_t \times H^x \\
&= 0,0448 \times 6^{0,75} \\
&= 0,201 \text{ detik}
\end{aligned}$$

b. Perhitungan PGA (Peak Ground Acceleration)

Untuk mencari PGA (Peak Ground Acceleration) bisa dilihat dari peta gempa ataupun website Desain Respon Spektra Indonesia dan dilihat juga pada gambar 2.15. maka nilainya adalah 0,2

c. Perhitungan F_{PGA} (Faktor amplikasi untuk PGA)

Untuk mencari F_{PGA} (faktor amplikasi untuk PGA) dapat dibaca pada tabel 2.7. Maka dari itu nilai dai F_{PGA} sebesar 1,4

d. Koefisien Percepatan Puncak Muka Tanah (A_s)

$$\begin{aligned}
A_s &= F_{PGA} \times PGA \\
&= 1,4 \times 0,2 \\
&= 0,28
\end{aligned}$$

e. Perhitungan C_{sm} (Koefisien Respon Gempa Elastik)

Untuk perhitungan Koefisien respon gempa elastic (C_{sm}) maka akan digunakan nilai S_{DS} oleh karena itu nilainya sebesar 0,466.

f. Perhitungan Modifikasi Respon (R)

Menurut SNI 2833-2016 maka dapat ditentukan nilai R yaitu sebesar 0,8. Dapat juga dilihat dari Tabel 2.8.

g. Beban Gempa Statik (EQ)

$$\begin{aligned}
E_Q &= W_t \times \frac{C_{sm}}{R_d} \\
&= 2832,790 \times \frac{0,466}{0,8} \\
&= 1650,100 \text{ Kn}
\end{aligned}$$

h. Berat Total Struktur

Untuk mencari atau menemukan Berat Total struktur pada penelitian ini dapat dilihat atau dapat ditemukan di program SAP 2000 dengan cara run pada pemodelan jembatan terlebih dahulu > *klik Mode display > show table > other definition > klik mass and weight*. Maka akan muncul berat total struktur yaitu sebesar 2832,790 kN

GroupName	SelfMass	SelfWeight	TotalMass	TotalMassY	TotalMassZ
Full	288.894	2812790.89	288.894	288.894	288.894

Gambar IV. 4 Berat Total Struktur

IV.7 Analisis Linear Statik

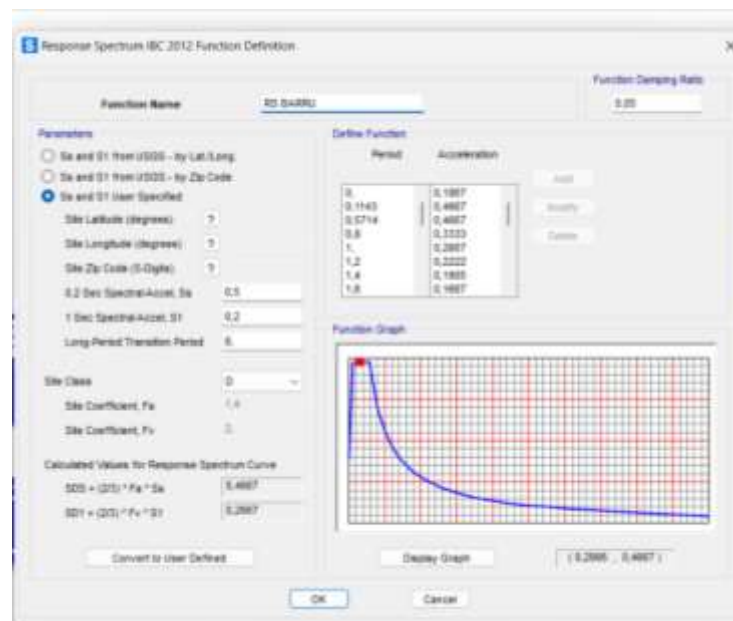
Selanjutnya penulis akan melakukan perhitungan pada ini Jembatan menggunakan Analisis Linier. Metode ini menggunakan metode analisis *Pushover* dan perhitungan ini akan menggunakan aplikasi SAP 2000. Semua pembebanan yang telah dihitung pada perhitungan sebelumnya akan diaplikasikan kedalam program *software* SAP 2000 yang dimana telah dihitung pada perhitungan sebelumnya.

Namun sebelumnya beban harus di bedakan sesuai definisinya dengan masuk ke mode define > load pattern. Lalu buat pendefinisian beban yang akan digunakan.

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
WIND	Wind	0	None
DEAD	Dead	1	
LIVE	Live	0	
EQX	Quake	0	User Loads
EQY	Quake	0	User Loads
WIND	Wind	0	None

Gambar IV. 5 Pendefinisian Pembebanan

Setelah itu melakukan pendefinisian beban, semua beban yang telah ditentukan akan dimasukkan kedalam aplikasi SAP 2000 dan akan dimasukkan sesuai dengan tipe beban yang ada. Namun sebelum itu dalam analisis ini akan menggunakan beban gempa dari respon spektrum. Cara untuk memasukan beban gempa dengan cara masuk ke *define > Function > add new function*. Setelah itu akan dilakukan mendasain respon spektrum sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya.



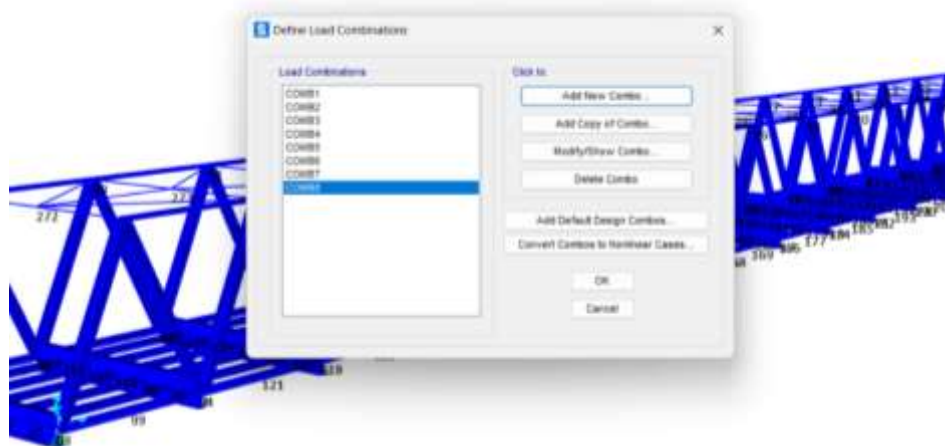
Gambar IV. 6 Define Respon Spektrum Baru

Setelah itu *define respon spektrum*, selanjutnya melakukan proses pemasukan atau memasukan kombinasi pembebanan lalu melakukan proses running. Untuk melakukan pembebanan akan dilakukan kombinasi sesuai dengan SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016.

Kombinasi Pembebanan	Nama Kombinasi dalam SAP 2000	Keterangan
1 MS + 1 MA + 1,8 TP + 1,8 TD	Comb1	MS = beban mati sendiri, MA = beban mati tambahan, TP = beban pejalan kaki, TD = beban lajur "D"
1 MS + 1 MA + 1,4 TP + 1,4 TD	Comb2	MS = beban mati sendiri, MA = beban mati tambahan, TP = beban pejalan kaki, TD = beban lajur "D"
1 MS + 1 MA	Comb3	MS = beban mati sendiri, MA = beban mati tambahan,
1 MS + 1 MA + 0,3 TP + 0,3 TD + 1 R _{sX} + 1 R _{sY}	Comb4	MS = beban mati sendiri, MA = beban mati tambahan, TP = beban pejalan kaki, TD = beban lajur "D" Rs = respon spektrum

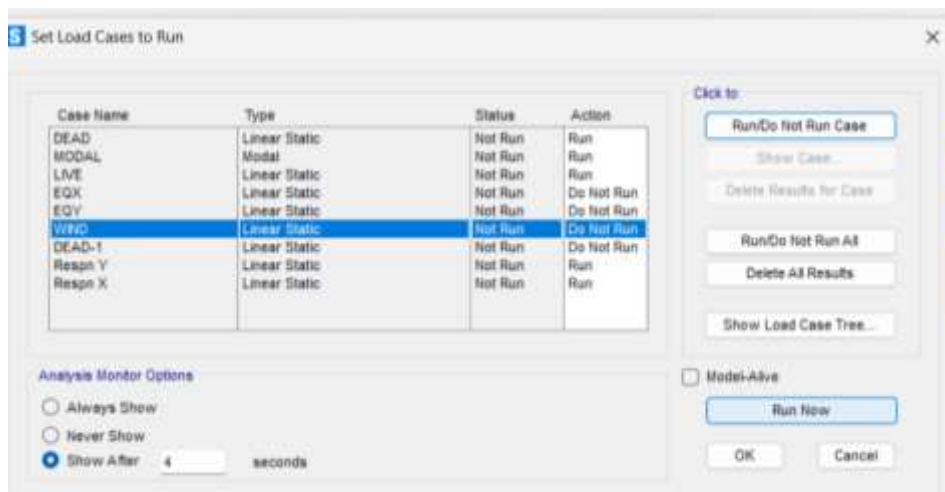
1 MS + 1 MA + 0,3 TP + 0,3 TD + 1 R _{sX} + 0,3 R _{sY}	Comb5	MS = beban mati sendiri, MA = beban mati tambahan, TP = beban pejalan kaki, TD = beban lajur "D" Rs = respon spektrum
1 MS + 1 MA + 0,3 TP + 0,3 TD + 1 R _{sX} - 0,3 R _{sY}	Comb6	MS = beban mati sendiri, MA = beban mati tambahan, TP = beban pejalan kaki, TD = beban lajur "D" Rs = respon spektrum
1 MS + 1 MA + 0,3 TP + 0,3 TD + 0,3 R _{sX} + 1 R _{sY}	Comb7	MS = beban mati sendiri, MA = beban mati tambahan, TP = beban pejalan kaki, TD = beban lajur "D" Rs = respon spektrum
1 MS + 1 MA + 0,3 TP + 0,3 TD - 0,3 R _{sX} + 1 R _{sY}	Comb8	MS = beban mati sendiri, MA = beban mati tambahan, TP = beban pejalan kaki, TD = beban lajur "D" Rs = respon spektrum

Setelah memasukan semua kombinasi pembebanan melalui program SAP 2000 dengan masuk ke menu *define > load combination*. Seperti gambar dibawah ini



Gambar IV. 7 Define Load Combination

Setelah memasukan kombinasi pembebanan tadi ke dalam SAP 2000, selanjutnya adalah melakukan proses untuk *running*. Dalam melakukan proses *running* bisa ke menu *analyze > run analyze*



Gambar IV. 8 Set Load Cases to Run

Setelah proses analisis linier yang akan dikerjakan untuk penelitian struktur Jembatan maka dapat diketahui gaya SFD 27413 kN dan BMD 1374,348 kN. selanjutnya adalah untuk analisis non liniernya menggunakan dengan cara yang sama yaitu dengan cara atau metode *pushover analysis*, dengan memerlukan beberapa tahap yaitu:

IV.8 Analisis Non Linier dengan Metode Pushover

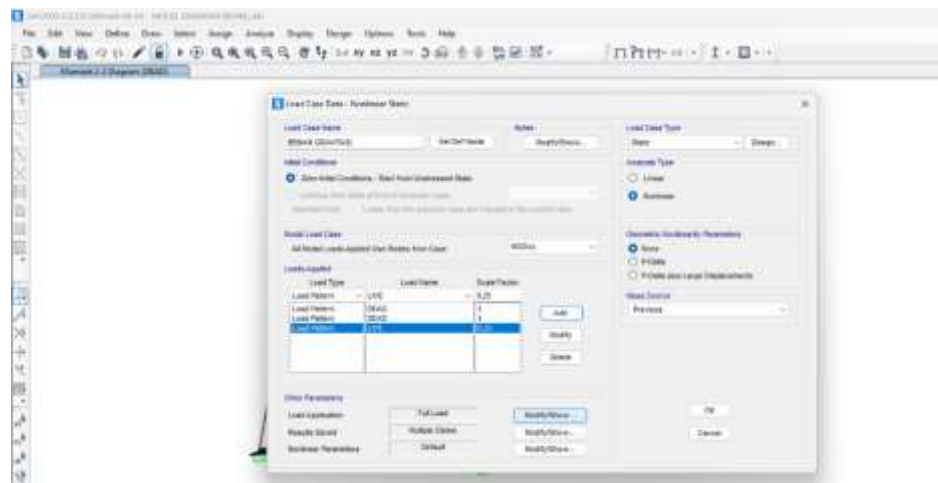
1. Pendefinisian *Load Cases*

Dalam proses ini akan mengalami 3 tahap kerja pada Struktur Jembatan Takkalasi, ketiga itu adalah tahap pembebanan gravitasi, tahap pembebanan *pushover* terhadap arah x, dan pembebanan *pushover* terhadap arah y.

a. Beban Gravitasi

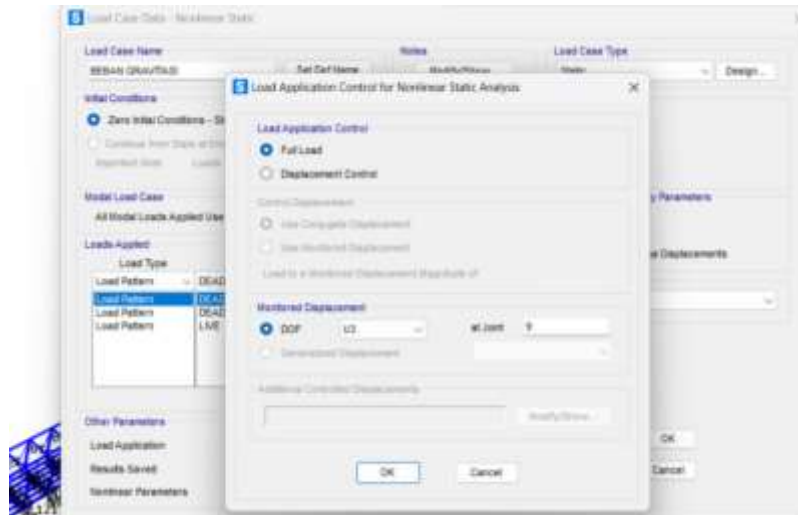
Berikut adalah cara cara mendapatkan beban gravitasi

- 1) Masuk kemenu *define > load cases > add new load cases*
- 2) Masukkan data-data sesuai pada gambar dibawah mulai dari nama load cases, analysis type, dan berupa beban yang akan diberikan pada pembebanan garvitasi.



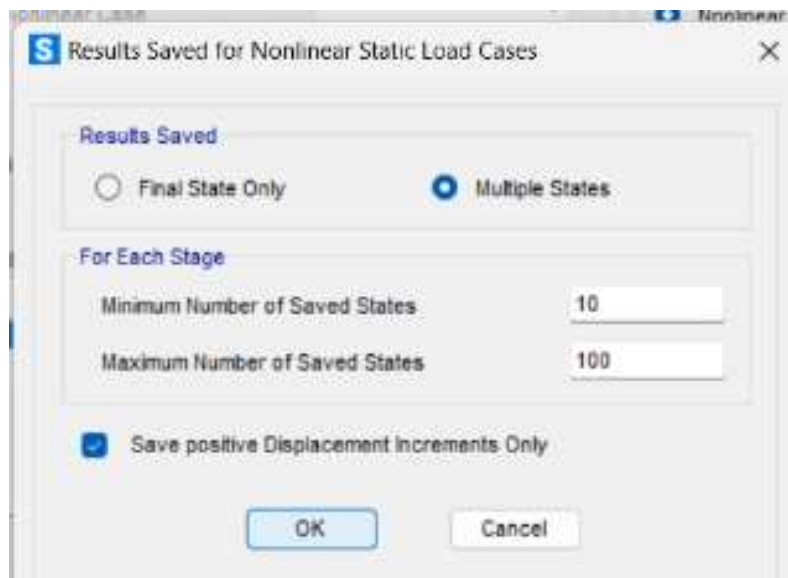
Gambar IV. 9 Pembebanan Gravitasi

- 3) setelah itu load application > modify/show > full load (load application). Dan untuk arah beban gravitasi bekerja di arah sumbu z. titik acuan pada Jembatan ini adalah $X=42,5$ $Y= 90,00$ $Z= 60,00$



Gambar IV. 10 Ttitk Acuan

4) Masuk ke menu result > multiple states.



Gambar IV. 11 Result Multiple States

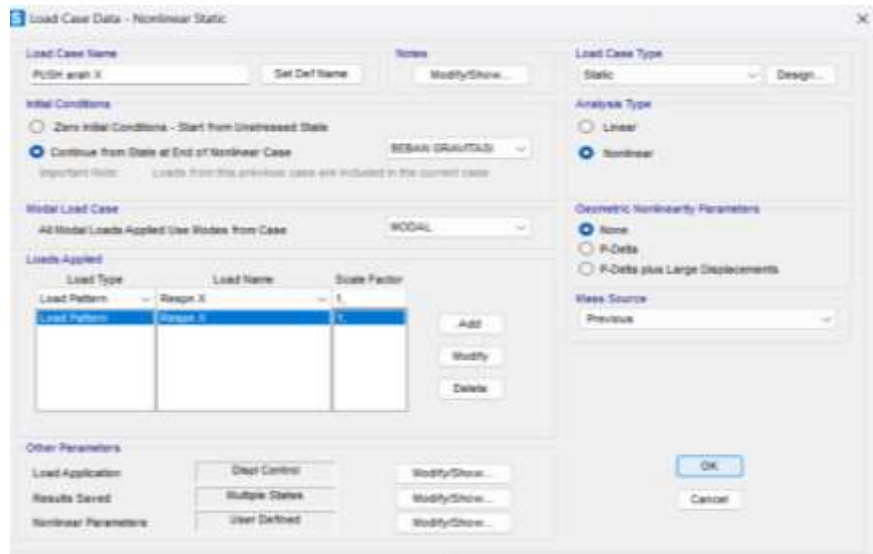
5) *Non Linier parameter* > *modify/show* lalu



Gambar IV. 12 Non Linier Parameter

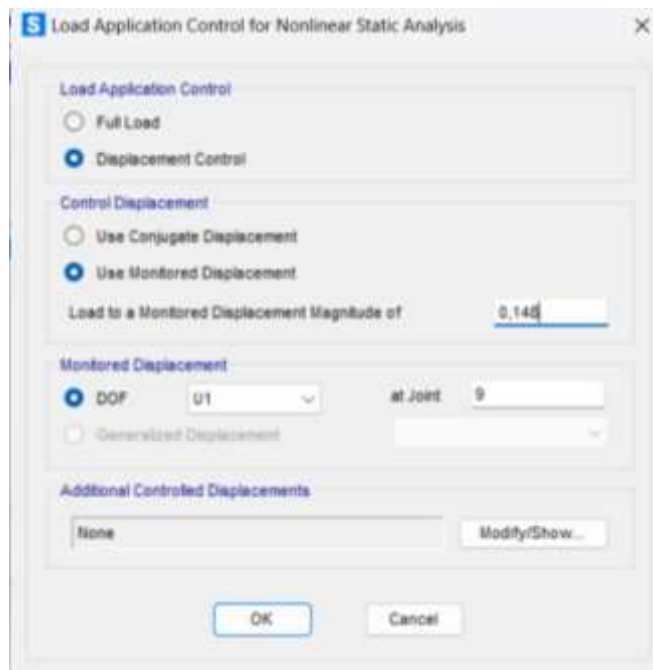
b. Beban Push Arah X

- 1) Define > load cases > add new load cases.
- 2) seperti cara sebelumnya, mengisikan data-data yang sesuai dengan push arah x



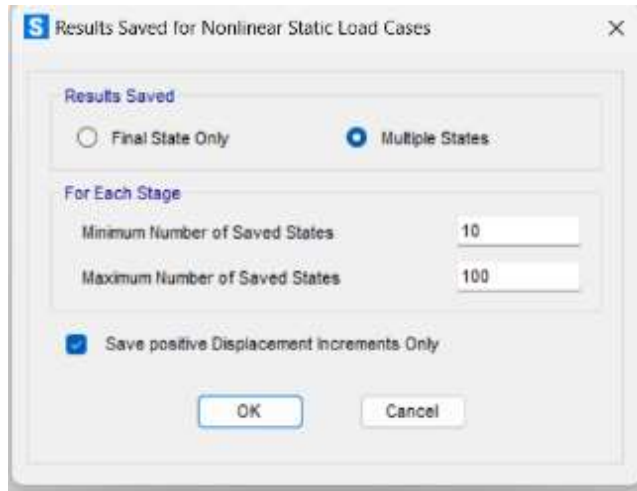
Gambar IV. 13 Load Cases arah X

3) Load application > modify show > displacement control untuk untuk control displacement titik acuan.



Gambar IV. 14 Load Application Non Linier arah X

4) Result save > multiple states



Gambar IV. 15 Result Multiple States arah X

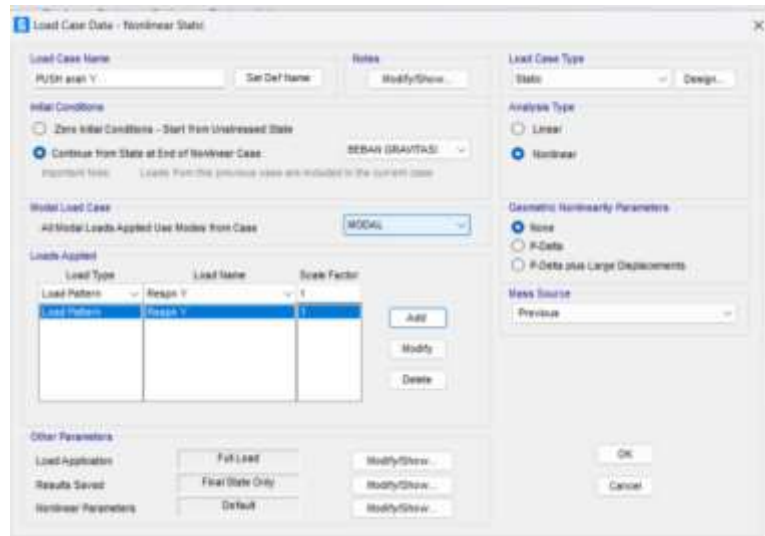
5) Masuk ke non linier parameter > modify show



Gambar IV. 16 Non Linier Parameter arah X

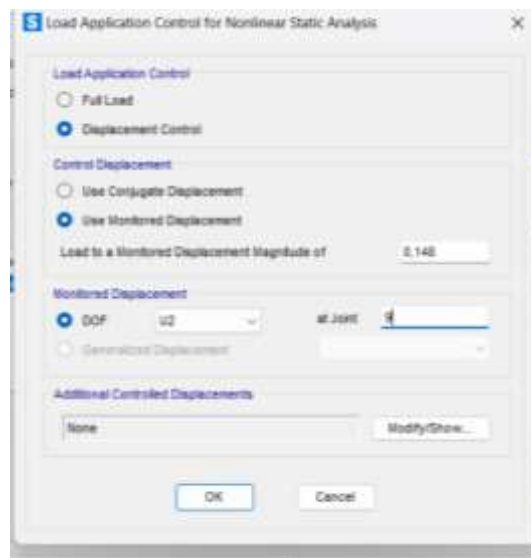
c. Beban arah Y

- 1) Sama dengan sebelumnya define > load cases > add new load cases
- 2) seperti cara sebelumnya, mengisikan data-data yang sesuai dengan push arah y



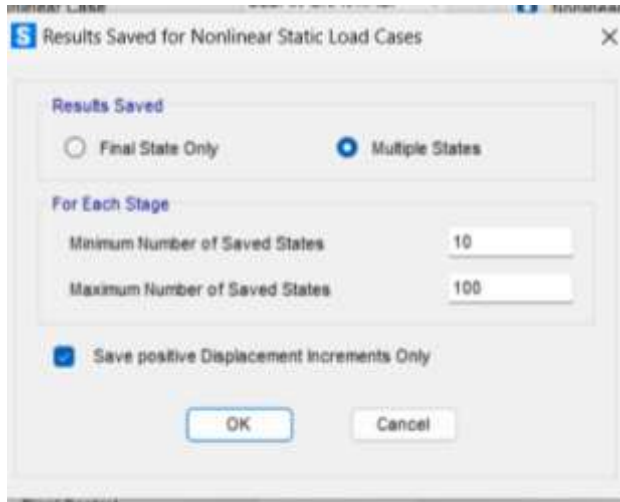
Gambar IV. 17 Load Case Data arah Y

3) Load application > modify show > displacement control untuk untuk control displacement



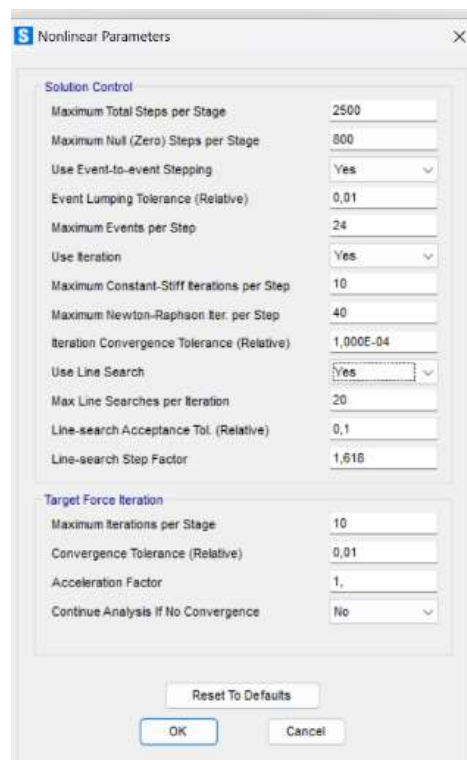
Gambar IV. 18 Load Application Non Linier arah Y

4) Result save > multiple states



Gambar IV. 19 Result Multiple States arah Y

5) Masuk ke non linier parameter > modify show

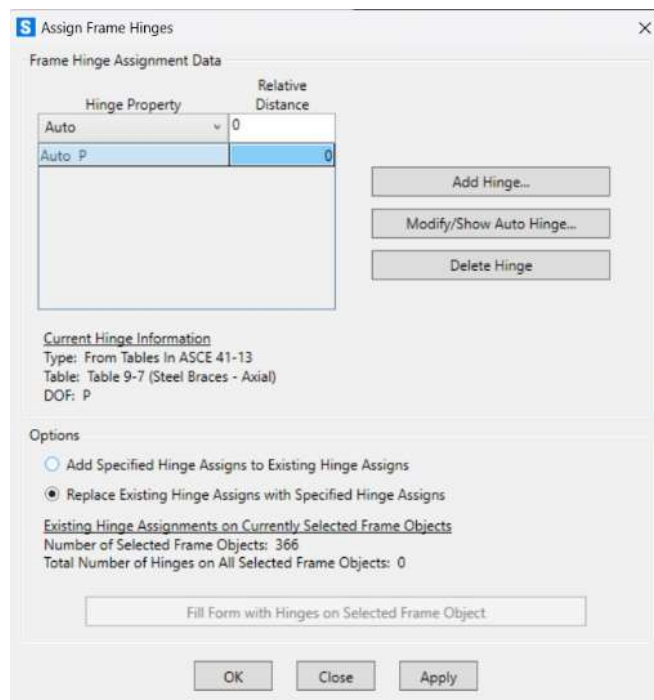


Gambar IV. 20 Non Linier Parameter arah X

2. Pendefinisian Sendi Plastis

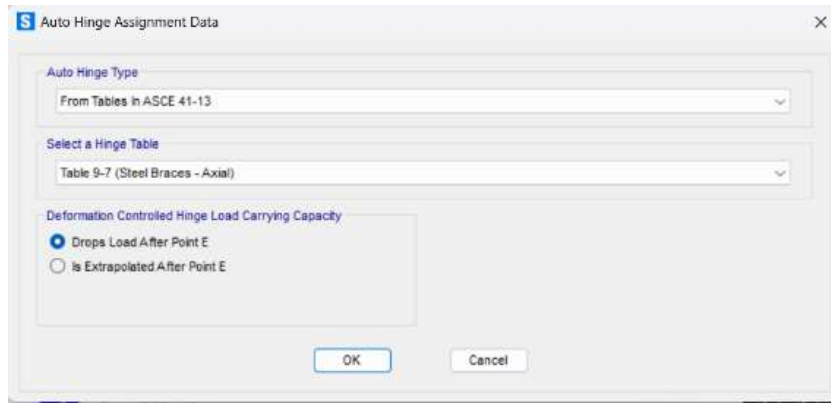
Setelah melakukan pendefinisian sebelumnya, selanjutnya melakukan pendefinisian sendi plastis terhadap struktur Jembatan Takkalasi sebelum melakukan tahapan analisis non linier atau pushover analysis.

- pertama masuk menu select elemen > pilih area gelagar
- assign > frame > hinges.
- add hinge seperti gambar dibawah.



Gambar IV. 21 Assign Frame Hinges

- Didalam add hinge akan otomatis terpilih auto hinge assignment data dari sap 2000 secara langsung dan pilih kolom Table 5-6 steel brace axial, untuk menganalisis struktur rangka baja yang dilakukan. Seperti gambar dibawah.

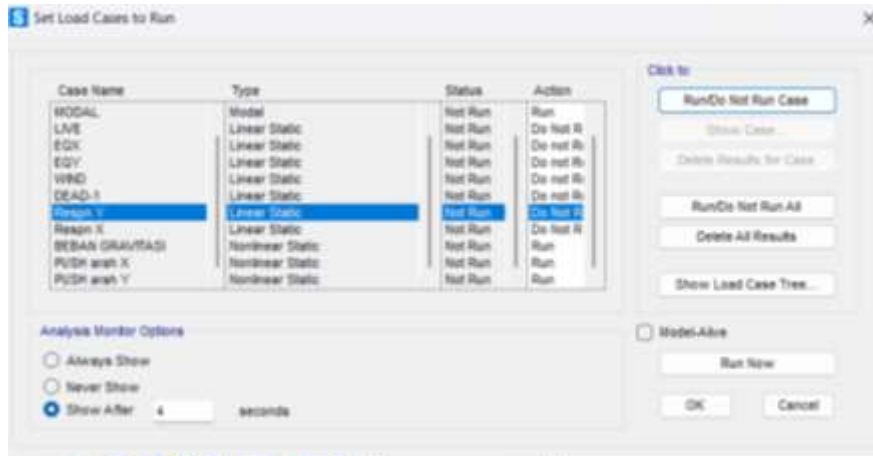


Gambar IV. 22 Auto Hinge Assigment Data

e. Lalu mengubah relative distance dari 0 menjadi 1 lalu klik apply dan setelah itu ok. Maka step selanjutnya adalah step running pada SAP 2000

3. Running analysis

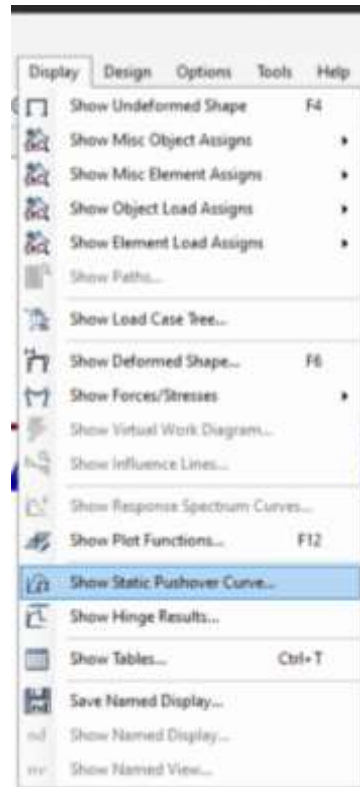
Setelah semua langkah dilakukan atau pengimputan telah dilakukan, Selanjutnya adalah proses running analysis untuk semua load cases yang telah diinput ataupun diinput kedalam SAP 2000. Tetapi untuk proses running ini hanyalah beban gravitasi, modal, beban arah x dan y. Adapun tahapan untuk proses running ini yaitu, analyze > run analysis > memilih keempat load case diatas > run now untuk mengetahui analisis pushover pada langkah selanjutnya.



Gambar IV. 23 Set Load Cases to Run

IV.9 Hasil Analisis Pushover

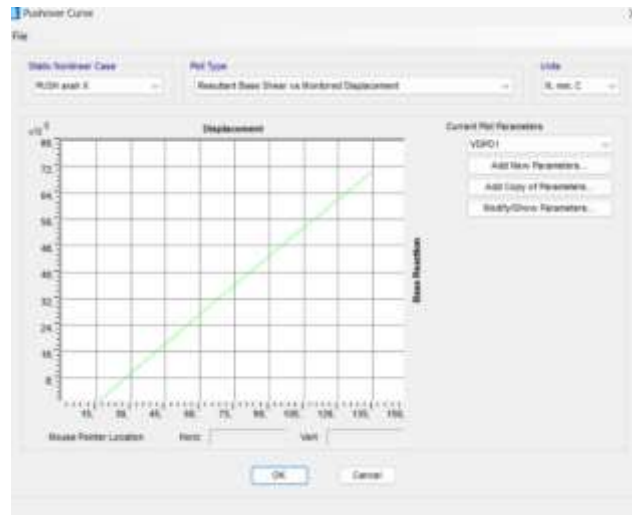
Pada langkah ini setelah proses running maka dalam *Software SAP 2000* akan dapat atau muncul hasil Pushover Analysis yang bisa dilihat dari menu display > show static pushover curve seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar IV. 24 Show Static Pushover Curve

IV.9.1 Kurva Gaya Geser Dasar

Setelah dari show static pushover curve maka SAP 2000 akan otomatis memunculkan kurva seperti pada gambar dibawah.

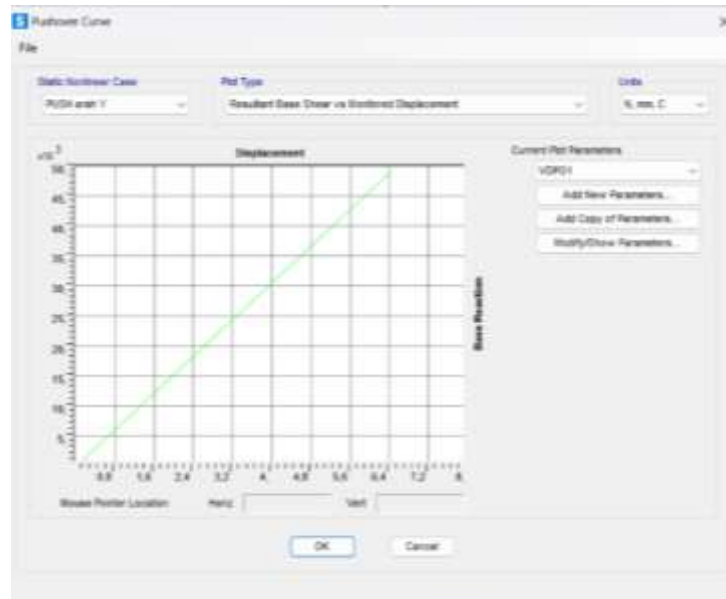


Gambar IV. 25 Kurva Arah X

Pada Kurva ini kita juga dapat melihat table kurva arah x dengan cara klik menu file > Table.

LoadCase Text	Step Unitless	Displacement	BaseForce N
PUSH arah X	0	14,478258	0
PUSH arah X	1	26,478258	7143591,32
PUSH arah X	2	32,478258	10726818,02
PUSH arah X	3	47,478258	19730625,31
PUSH arah X	4	59,478258	26986133,38
PUSH arah X	5	72,762862	34826541,87
PUSH arah X	6	87,123671	41455249,12
PUSH arah X	7	108,997812	50610212,36
PUSH arah X	8	108,999012	50582224,15
PUSH arah X	9	125,375615	57133988,13
PUSH arah X	10	134,478258	60699745,56

Gambar IV. 26 Table displacement arah X



Gambar IV. 27 Kurva arah Y

Pada Kurva ini kita juga dapat melihat table kurva arah y dengan cara klik menu file > Table.

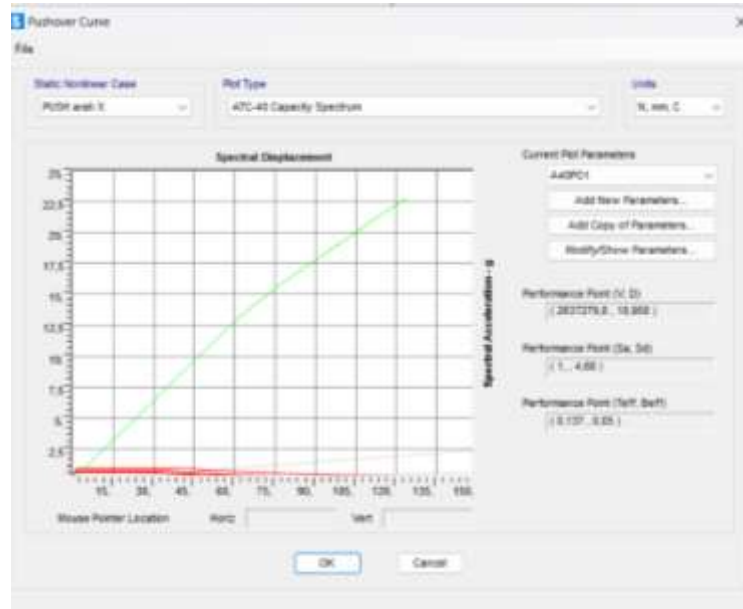
	LoadCase Text	Step Unitless	Displacement	BaseForce N
▶	PUSH arah Y	0	0	0
	PUSH arah Y	1	0,005244	8584917,57
	PUSH arah Y	2	12,284025	13191874,32
	PUSH arah Y	3	27,74632	19052134,46

Gambar IV. 28 Tabel Displacement Y

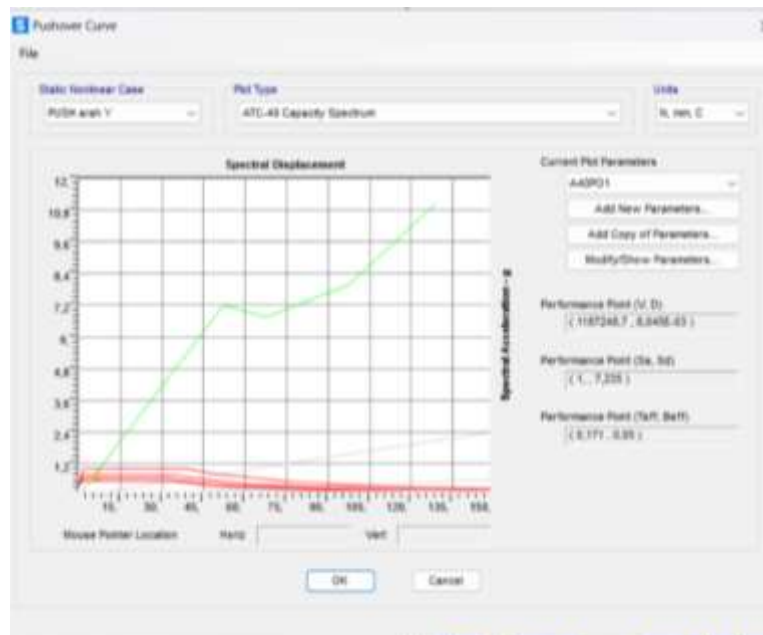
Dari beberapa gambar diatas dapat dilihat jika Pushover arah X pada step 10 terjadi Pergeseran sebesar 60699074,556 dan arah Y pada step 4 terjadi pergeseran sebesar 1905213,446 kN.

IV.9.2 Titik Kinerja ATC-40

Berikut adalah titik kinerja ATC-40 pada struktur jembatan yang ada di Barru dari pushover arah X dan Y.



Gambar IV. 29 Kurva ATC-40 arah X



Gambar IV. 30 Kurva ATC-40 arah Y

Dari gambar diatas akan dimasukan lagi kedalam table seperti yang dibawah ini baik beban arah x maupun dari arah y

Tabel IV. 3 Nilai ATC-40

Arah beban	V (KN)	M	Sa	Sd	Teff	Beff
X	2637279,8	0,0018908	1	4,68	0,137	0,05
Y	1187248,7	0,008045	1	7,235	0,171	0,05

Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai maksimum total drift sebesar 0,1 yang sebagaimana pada level kinerja ini masuk kedalam *Immediate occupancy*. Yang sebagaimana jembatan tidak mengalami kerusakan berat namun patut diperhitungkan untuk langsung digunakan Kembali. Perhitungan seperti dibawah ini.

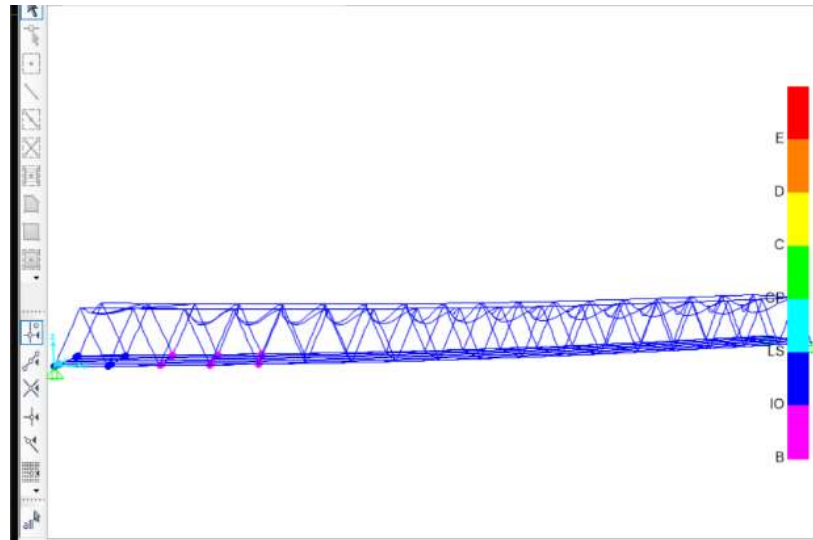
$$\begin{aligned} \text{Drift ratio Arah X} &= \frac{0,0018909}{1,5} \\ &= 0,00126 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drift Ratio arah Y} &= \frac{0,008045}{1,5} \\ &= 0,00536 \end{aligned}$$

Jadi bisa dilihat pada tabel II.9 dan nilai diatas bis dimasukan kedalam kategori SP-1 (*Immediate occupancy*) yang dimana Keadaan bangunan dianggap aman ketika gempa terjadi, artinya potensi kerusakan struktural tidak signifikan, memungkinkan bangunan untuk segera digunakan kembali.

IV.9.3 Mekanisme Pushover arah X dan Y

1. Arah X

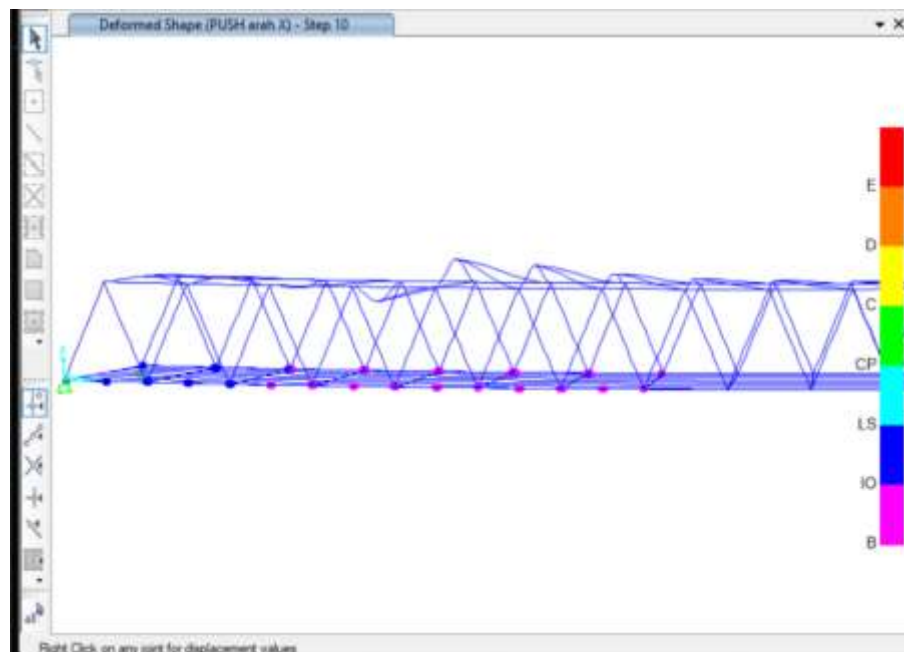


Gambar IV. 31 Pushover arah X Step 2

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa pada *pushover* step 2 jembatan ini langsung mengalami level kinerja struktur pada gelagar yang ada pada jembatan yang diwarnai dengan warna biru dan pink, yang dimana masih termasuk dalam kategori baik atau aman. Yang dimana

Tabel IV. 4 Tabel level kerusakan akibat akibat terbentuknya sendi plastis dalam program SAP 2000

ket	simbol	penjelasan
B	●	Tidak ada kerusakan Struktur, batas elastis pada struktur dan diikuti terjadi pelelehan pertama pada struktr.
IO	●	Tidak ada kerusakan struktur, bangunan tetap berfungsi hanya terjadi kerusakan komponen non struktur dan kekuatan bangunan mendekati kondisi sebelum gempa
LS	●	Terjadi kerusakan struktur dan non struktur dari kecil hingga sedang. Bangunan sementara tidak berfungsi masih mempunyai ambang cukup besar terhadap keruntuhan.
CP	●	Terjadi kerusakan parah pada struktur, dan terjadi kegagalan pada pada komponen nonstruktur hingga bangunan hampir runtuh, maka kekuatan dan kekakuan berkurang.
C	●	Batas maksimum strukutral dalam menahan gaya gempa
D	●	Struktur tidak mampu menahan gaya gempa, tapi masih mampu menahan gaya gravitasi.
E	●	Struktur mengalami kehancuran (damage)

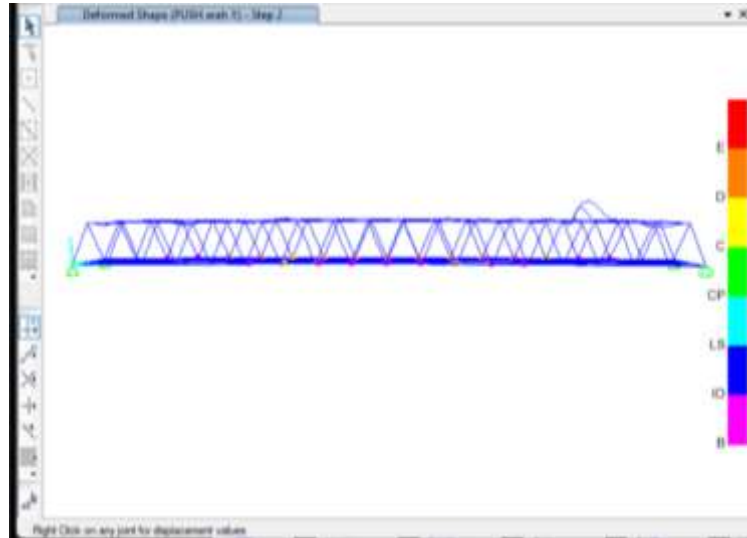


Gambar IV. 32 Pushover arah X Step 10

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa pada *pushover* step 10 jembatan ini masih mengalami level kinerja struktur pada gelagar yang ada pada jembatan yang

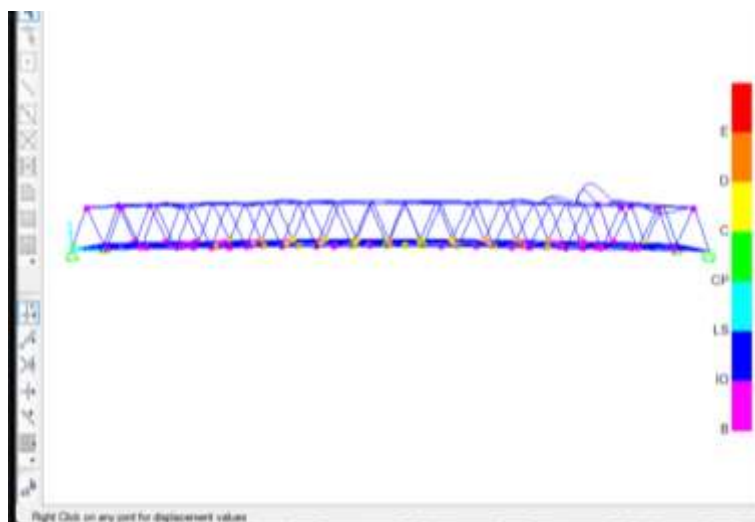
diwarnai dengan warna biru dan pink atau masih sama dengan step 2. Yang membuat jembatan ini masuk kedalam kategori IO atau *immediate occupancy*.

2. Arah Y



Gambar IV. 33 Pushover arah Y Step 2

Dimana gambar diatas langsung mengalami level kinerja struktur berwarna pink dan kuning pada step kedua tidak seperti pada gambar yang sebelumnya yang menunjukkan tanda yang berwarna biru atau bisa dibilang masih aman.



Gambar IV. 34 Pushover arah Y Step 4

Pada gambar diatas pada pushover arah Y step 4 jembatan langsung menunjukkan tanda pink dan kuning yang dimana dibeberapa gelagarnya memiliki tanda pink masih tergolong aman sedangkan tanda kuning gelagar perlu diperhatikan atau mungkin mengalami kerusakan oleh karena itu gelagar diberi tanda warning sebelum digunakan atau difungsikan Kembali sebgaiamana jika dalam analisis SAP 2000 jika gelagar sudah menunjukan tanda berwarna orange ataupun merah maka itu jembatan tidak dapat difungsikan kembali ataupun sudah tidak dikatakan aman atau bisa dibilang akan runtuh atau *collapse*.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Adapun setelah melakukan evaluasi pada jembatan ini penulis dapat memberikan atau menyimpulkan bahwa Didapatkan gaya dalam SFD dengan nilai 2741,371 Kn, dan BMD dengan nilai 1374,348 Kn. Dan Jembatan yang ada Kab.Barru ini pada analisis pushover pada Step 10 jembatan ini masih dalam kategori aman dan pada gelagar memanjang pada jembatan hanya menunjukkan warna biru dan pink yang menandakan aman. Analisis Pushover arah Y jembatan yang ada di Kab. Barru pada Step 2, gelagar memanjang pada jembatan langsung menunjukkan tanda warna kuning dan pink yang dimana warna kuning menunjukkan tanda warning. Dikarenakan jika tanda pada jembatan sudah menunjukan warna orange ataupun berwarna merah maka tandanya jembatan itu sdah dikatakan tidak aman atau bisa dibilang akan runtuh atau *collapse*.

V.2 Saran

Adapun saran dari penulis untuk penelitian ini maupun penelitian selanjutnya adalah

1. Mengumpulkan data secepatnya dan selengkapny pada instansi yang berkaitan karena proses pengambilan data dan proses analisis pada SAP 2000 memerlukan waktu.
2. Untuk penelitian ini dapat juga digunakan software yang lain seperti Etabs ataupun *software* Midas civil agar mendapatkan hasil yang berbeda ataupun hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Azka Fardany Ibady. 2018. *Analisis Kapasitas Struktur Jembatan Rangka Tipe K-Truss Dengan Mutu baja Tidak Seragam Dalam Menahan Beban Gempa Dua Arah dan Tiga Arah. Tugas akhir. Universitas Brawijaya. Malang*
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. RSNi-T-03-2005 : *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI-1725-2016 : *Pembebanan untuk Jembatan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI-2833-2016 : *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI-1726-2019 : *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. BSN. Jakarta.
- Dianita Ika Roshita Dewi, Algazt Arsyad Masagala. 20. *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Dengan Metode Puhsover Analysis Sesuai Pedoman ATC-40*. Univeristas Teknologi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Danilo Nacher Sequeira Correia. 2016. *Perencanaan Struktur Atas Jembatan Dengan Type Warren Truss di Baucau Dengan Metode LRFD*. Institut Teknologi Malang. Malang.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Teknik. 2010. *Perencanaan Teknik Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor SE-03/M/2016. 2016. *Pedoman Penentuan Brigde Load Rating untuk Jembatan Eksiting*.

Kurniawan Mega Mahardika. 2021. *Evaluasi Kinerja Struktur Atas Jembatan Sardjito 1 Dengan Metode Pushover Analysis. Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Supriyadi, Bambang dan Muthohar, Agus Setyo.2007. *Jembatan*. Beta Offset. Yogyakarta

Wahyudi Agung. 2014. Analisis Kapasitas Jembatan Rangka Baja Austria Tipe A60 dengan Menggunakan *Software* Midas Civi (Studi Kasus Jembatan Pintu Air Sepuluh). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Vol.2. No. 2 2014:157. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

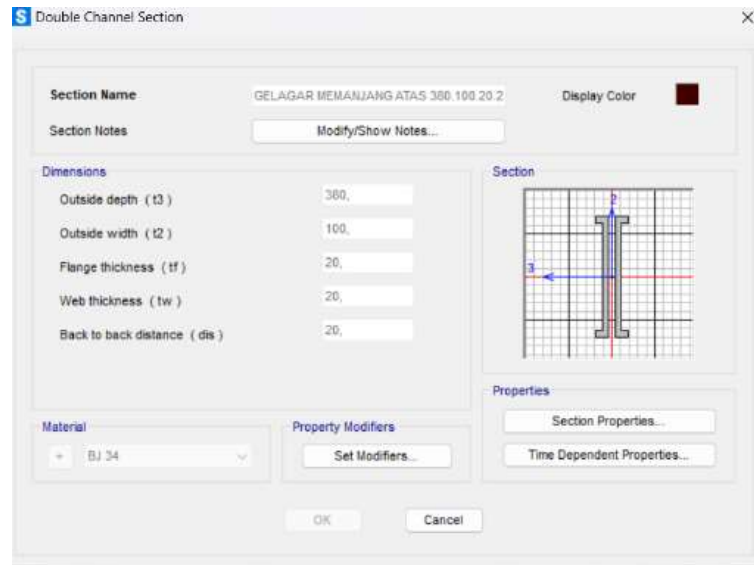
LAMPIRAN
LAMPIRAN 1 PENGIMPUTAN DATA DAN PEMODELAN STRUKTUR
JEMBATAN



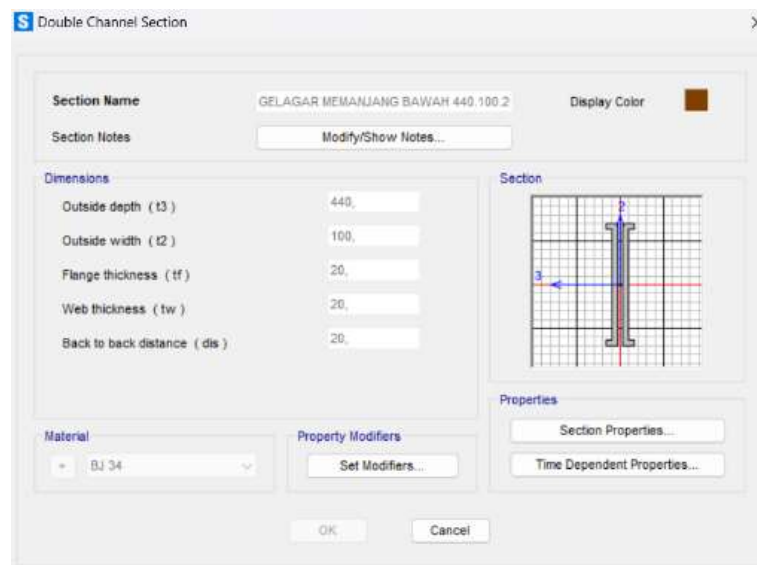
Gambar 1. Pembuatan Grid Lines



Gambar 2. Penentuan Material Property Data



Gambar 3. Penentuan Material Property Data



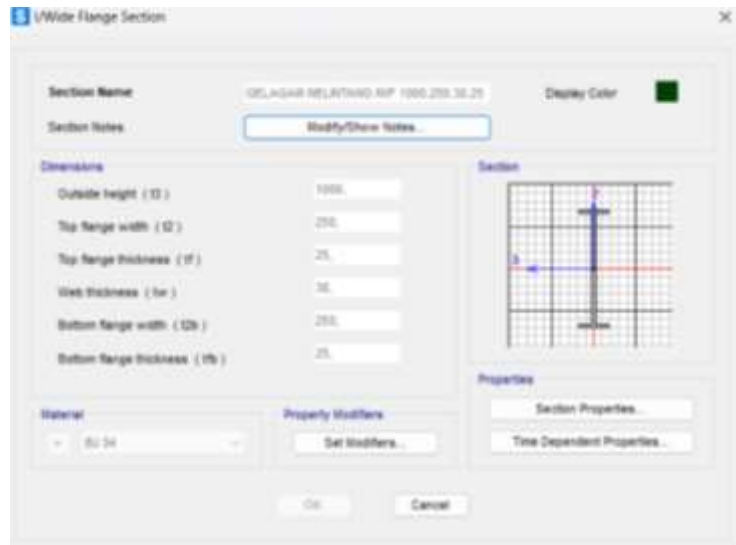
Gambar 4. Penentuan Material Property Data



Gambar 5. Penentuan Material Property Data



Gambar 6. Penentuan Material Property Data

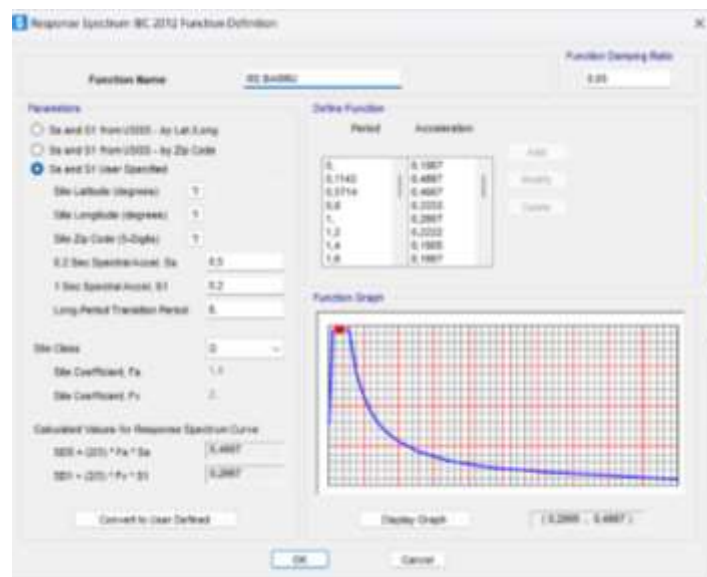


Gambar 7. Penentuan Material Property Data

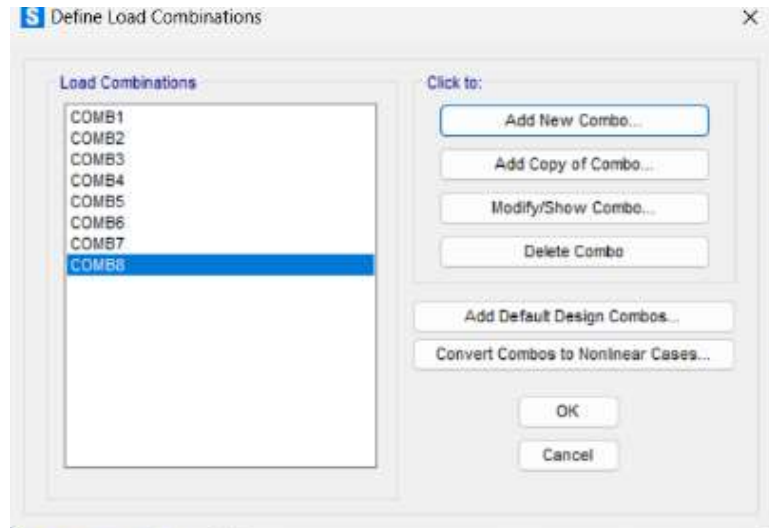
LAMPIRAN 2 HASIL ANALISIS DAN KOMBINASI PEMBEBANAN STRUKTUR JEMBATAN

Tabel 1. Create Report Dead Jembatan

Table 18: Material List 2 - By Section Property				
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
			Mm	N
DIAGONAL SATU IWF 400.280.40.20	Frame	36	234000,	461098,24
DIAGONAL 2 IWF 300.300.40.20	Frame	36	234000,	403460,96
GELAGAR MEMANJANG IWF 400.180.40.12	Frame	144	630000,	938822,63
GELAGAR MEMANJANG ATAS 380.100.20.20	Frame	34	170000,	219834,5
GELAGAR MEMANJANG BAWAH 440.100.20.20	Frame	36	180000,	266018,22
GELAGAR MELINTANG IWF 1000.250.30.25	Frame	152	171000,	539656,75
IKATAN ANGIN IWF 20.20.3.2	Frame	53	395711,61	3898,76



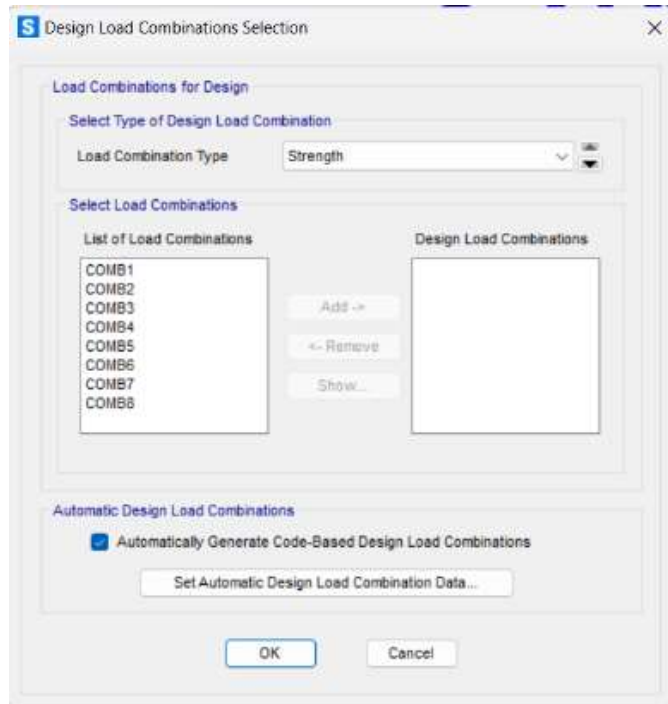
Gambar 1. Respon Spektra Kab.Barru



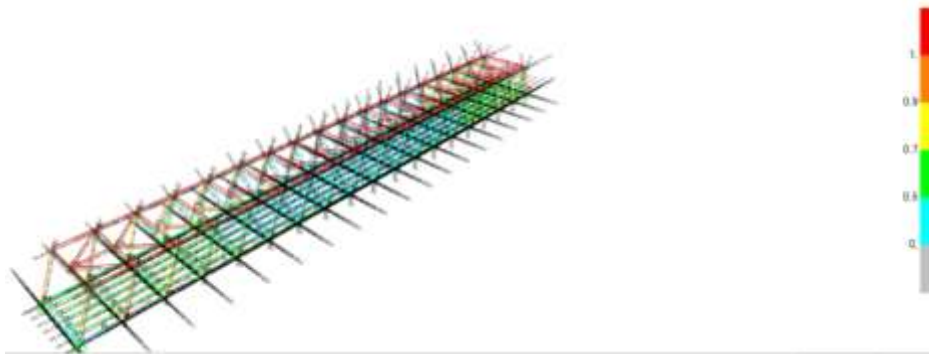
Gambar 2. Pendefisian Load Combination



Gambar 3. Steel Frame Design Performance



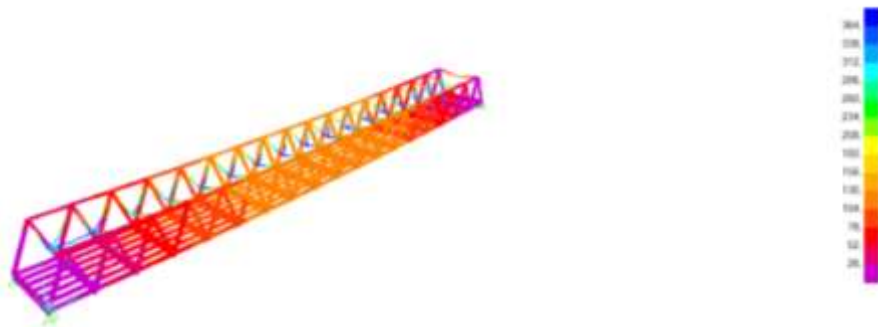
Gambar 4. Design Load Combination Selection



Gambar 5. Hasil Steel Design Selection



Gambar 6. Deformed shape (Dead)



Gambar 7. Deformed shape (Dead)