

## TUGAS AKHIR

# **ANALISIS AKURASI PREDIKSI NILAI *DEMAND CAPACITY RATIO* (DCR) PADA JEMBATAN RANGKA DENGAN MENGGUNAKAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN) (*ANALYSIS OF THE ACCURACY OF PREDICTION OF DEMAND CAPACITY RATIO (DCR) VALUES ON FRAME BRIDGES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Gelar Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Muh Rosyid Ridlo  
19511083**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2023**

## TUGAS AKHIR

# ANALISIS AKURASI PREDIKSI NILAI *DEMAND CAPACITY RATIO* (DCR) PADA JEMBATAN RANGKA DENGAN MENGGUNAKAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN) (*ANALYSIS OF THE ACCURACY OF PREDICTION OF DEMAND CAPACITY RATIO (DCR) VALUES ON FRAME BRIDGES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)*)

Disusun Oleh

**Muh Rosyid Ridlo**

19511083

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 19 Oktober 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

23.11.23

Astriana N. S.T., M.Eng.  
NIK : 165111301

Penguji I

23-11-23

Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.  
NIK : 185111302

Penguji II

23/11/2023

Prof. Ir. Sarwidi MSCE., Ph.D., IP-U.  
NIK : 845110101

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil



27/11/2023

H. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D-Eng., IPM  
NIK : 005110101

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Muh Rosyid Ridlo

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Dengan taufiq serta pertolongan Allah, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Prediksi Nilai Demand Capacity Ratio (DCR) Pada Jembatan Rangka Dengan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN). Shalawat serta salam penulis haturkan kepada junjungan kita sebagai umat muslim yaitu Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini dilalui dengan berbagai tantangan dan rintangan, namun berkat kritik, saran, motivasi, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Ucapan terimakasih sebesar-besarnya ditujukan kepada:

1. Bapak Dr-Ing. Ir. Ilya Fadjar Maharika, M.A., IAI selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T.,M.T., Ph.D-Eng.,IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Astriana Hardawati. S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak arahan dan dukungan.
4. Bapak/Ibu Dosen Penguji
5. Kedua orangtua penulis, Drs. Amirudin dan Bandiyah S.Tr.Keb., yang telah memberikan pengertian dan perhatian, semoga Allah menjaga keduanya.
6. Aribul Maftuhah dan Evin Dondri selaku saudara penulis yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
7. Maul, Dafri, Senda, Fadhila yang telah menemani dan menyemangati penulis

8. Semua pihak dan teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu atas dukungannya sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat. Shalawat dan salam semoga senantiasa Allah limpahkan kepada Rasulullah Shallallahu Alaihi Wa Sallam, keluarga beliau, para sahabat dan orang-orang yang mengikuti mereka dengan kebaikan hingga hari kiamat.

Yogyakarta, Oktober 2023

Penulis,

Muh Rosyid Ridlo

(19511083)

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.1.1 Nilai <i>Rating Factor</i> Jembatan Komposit Baja-Beton	4
2.1.2 Optimasi Ukuran Balok	5
2.1.3 Analisis Berat Gedung	5
2.1.4 Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi	6
2.1.5 Estimasi Dimensi Optimum dan Rasio Tulangan Gedung	6
2.2 Keaslian Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Jembatan	15
3.1.1 Tipe Jembatan	15
3.1.2 Pembebanan	16
3.1.2.1 Aksi Tetap ( <i>Permanent Actions</i> )	16
3.1.2.2 Aksi Sementara ( <i>Transient Action</i> )	17
3.2 Kapasitas Nominal Komponen Struktur	21
3.2.1 Komponen Struktur Batang Tarik	21

3.2.2	Komponen Struktur Batang Desak	23
3.2.3	<i>Demand Capacity Ratio (DCR)</i>	24
3.3	Pendekatan <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	25
3.3.1	Model Neuron	26
3.3.2	<i>Transfer Function</i>	28
3.3.3	<i>Network Architectures</i>	29
3.3.4	<i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	33
3.3.5	<i>Mean Absolute Percentage Error (MAPE)</i>	33
BAB IV	METODE PENELITIAN	35
4.1	Jenis Penelitian	35
4.2	Model Struktur	35
4.3	Pengumpulan Data	36
4.4	Alat	37
4.5	Tahapan Penelitian	37
BAB V	PEMBAHASAN	40
5.1	Pembebanan dan Pemodelan	40
5.2	Perhitungan Kapasitas Struktur	58
5.3	Perhitungan DCR	73
5.4	Pendekatan ANN	74
5.3.1	Prediksi Nilai DCR	74
5.3.2	Perhitungan Parameter	76
BAB VI	KESIMPULAN	82
6.1	Kesimpulan	82
6.2	Saran	82
		85

DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	86



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Penulis dengan Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3.1 Berat Isi Untuk Beban Mati	17
Tabel 3.2 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Keadaan Batas Ultimit	24
Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Analisis SAP2000	58
Tabel 5.2 Contoh Rekapitulasi DCR	74
Tabel 5.3 Rekapitulasi Arsitektural ANN Masing Masing Bentang	75
Tabel 5.4 Contoh Rekapitulasi DCR Untuk Masing Masing Bentang	76
Tabel 5.5 Nilai Koefisien Determinasi Proses Training	78
Tabel 5.6 Nilai Koefisien Determinasi Proses Testing	78
Tabel 5.7 Rekapitulasi RMSE Bentang 45 50 55	79
Tabel 5.8 Rekapitulasi MAPE Bentang 45 50 55	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Beban Lajur “D”	18
Gambar 3.2 Pembebanan Truk “T”	19
Gambar 3.3 Faktor Beban Dinamis (FBD)	20
Gambar 3.4 Faktor Panjang Tekuk	24
Gambar 3.5 <i>Single-Input Neuron</i>	26
Gambar 3.6 <i>Multi-Input Neuron</i>	27
Gambar 3.7 <i>Hard Limit Transfer Function</i>	28
Gambar 3.8 <i>Linier Limit Transfer Function</i>	28
Gambar 3.9 <i>Linier Limit Transfer Function</i>	29
Gambar 3.10 <i>A Single-Layer Networks of S Neurons</i>	30
Gambar 3.11 Matriks <i>A Single-Layer Networks of S Neurons</i>	31
Gambar 3.12 <i>Three-Layer Network</i>	31
Gambar 3.13 Matriks <i>Three-Layer Network</i>	32
Gambar 3.14 <i>Recurrent Network</i>	33
Gambar 5.1 Pembebanan Beban Sendiri (MS) Gelagar Memanjang	41
Gambar 5.2 Pembebanan Beban Mati Tambahan (MA) Gelagar Memanjang	43
Gambar 5.3 Pembebanan Lajur “D” (TD)	45
Gambar 5.4 Pembebanan Beban Pejalan Kaki (TP)	46
Gambar 5.5 Beban Gaya Rem	47
Gambar 5.6 Beban Gaya Rem	48
Gambar 5.7 Pembebanan Beban Rem (TB)	49
Gambar 5.8 Tekanan Angin Rencana Bidang Tekan dan Bidang Hisap	50
Gambar 5.9 Luas Penampang Rangka	51
Gambar 5.10 Pembebanan Angin pada Struktur (EWS)	52
Gambar 5.11 Beban Angin Kendaraan	53

Gambar 5.12 Pembebanan Angin Kendaraan (EWL)	54
Gambar 5.13 Arsitektural ANN	74
Gambar 5.14 Korelasi Target dan Output Proses <i>Training</i>	77
Gambar 5.15 Korelasi Target dan Output Proses <i>Testing</i>	77

## ABSTRAK

Demand capacity ratio (DCR) adalah rasio antara jumlah permintaan terhadap kapasitas yang tersedia dalam suatu sistem dalam periode waktu tertentu. Jika DCR melebihi 1, berarti jembatan telah melebihi kapasitasnya dan berpotensi runtuh. Agar terhindar dari resiko kecelakaan pada jembatan, sangat penting untuk mengetahui nilai DCR sebuah jembatan. Namun, proses perhitungan DCR terlalu detail karena mencakup banyak variabel seperti berat kendaraan, kecepatan, angin, dan faktor lingkungan lainnya. Hal ini cukup memakan waktu karena membutuhkan proses trial and error untuk setiap langkahnya.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pendekatan menggunakan jaringan syaraf tiruan (ANN) untuk memprediksi DCR sehingga prosesnya lebih singkat. ANN digunakan untuk memprediksi nilai DCR pada struktur atas jembatan rangka baja kelas A Bina Marga dengan bentang 45 meter, 50 meter, dan 55 meter. Sebagai data input, tegangan tarik batas, panjang bentang, dan luas area profil baja digunakan, sedangkan outputnya adalah nilai DCR. Data input dan output diperoleh dari hasil pemodelan SAP2000 dengan memvariasikan dimensi jembatan, sifat material, dan jenis profil setelah kombinasi pembebanan pada jembatan.

Hasil yang diperoleh adalah model ANN yang dibuat mampu memprediksi nilai DCR dari struktur atas jembatan rangka. Untuk semua bentang tidak mengalami overfitting. Nilai akurasi bentang 45 meter dalam rentang sedang, sedangkan bentang 50 meter dan 55 meter nilai akurasi masuk dalam rentang kuat dengan  $R^2$  diatas 0,7

**Kata kunci :** Jembatan, Bina Marga Kelas A, SAP2000, ANN

## ABSTRACT

*Demand capacity ratio (DCR) is the ratio between the number of requests to the capacity available in a system in a given period of time. If the DCR exceeds 1, it means that the bridge has exceeded its capacity and has the potential to collapse. In order to avoid the risk of accidents on bridges, it is very important to know the DCR value of a bridge. However, the DCR calculation process is too detailed because it includes many variables such as vehicle weight, speed, wind, and other environmental factors. This is quite time-consuming because it requires a process of trial and error for each step.*

*This study aims to approach using artificial neural networks (ANN) to predict DCR so that the process is shorter. ANN is used to predict the DCR value on the upper structure of the class A Bina Marga steel truss bridge with spans of 45 meters, 50 meters, and 55 meters. As input data, the limit tensile stress, span length, and steel profile area are used, while the output is the DCR value. Input and output data are obtained from the results of SAP2000 modeling by varying the dimensions of the bridge, material properties, and profile type after the combination of loading on the bridge.*

*The result obtained is that the ANN model created is able to predict the DCR value of the upper structure of the truss bridge. For all spans do not undergo overfitting. The accuracy value of span 45 meters in the medium range, while the span of 50 meters and 55 meters the accuracy value is in the strong range with  $R^2$  above 0.7*

**Keywords:** *Bridge, Bina Marga Class A, SAP2000, ANN*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan struktur bangunan yang menghubungkan dua jalan yang terputus disebabkan oleh rintangan di bawahnya seperti sungai, rel kereta api atau jalan raya. Jembatan terdiri dari dua struktur utama yaitu struktur atas dan struktur bawah (Supriadi dan Muntohar, 2007). Jembatan berfungsi sebagai penghubung antar daerah yang merupakan unsur tak terpisahkan dari jaringan jalan itu sendiri.

Salah satu faktor yang menjadi parameter kondisi kelayakan jembatan adalah *demand capacity ratio* (DCR). Jika DCR melebihi 1, maka jembatan telah melebihi kapasitasnya dan berpotensi runtuh. Agar dapat menghindari risiko kecelakaan pada jembatan, maka sangat penting untuk dapat memprediksi nilai DCR secara akurat. Akan tetapi, prediksi DCR terlalu detail karena mencakup banyak variabel seperti bobot kendaraan, kecepatan, angin, dan faktor lingkungan lainnya.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat, semakin banyak teknologi untuk membantu kehidupan manusia salah satunya adalah *artificial neural network* (ANN). ANN adalah sebuah mesin yang dirancang untuk memodelkan jalan seperti jaringan otak manusia melaksanakan tugas atau fungsi tertentu (Haykin, 2009). Maka dari itu, penelitian ini akan dibantu dengan ANN untuk memprediksi nilai DCR jembatan rangka.

Persamaan hasil pemodelan ANN memiliki tingkat akurasi yang tinggi yang telah dibuktikan dari beberapa penelitian sebelumnya, seperti Aulia (2020) menggunakan ANN untuk optimasi ukuran balok pada desain bangunan beton bertulang tahan gempa. Selain itu juga digunakan oleh Fadhila, Arfan (2020) menggunakan ANN untuk prediksi dan analisis berat gedung. Hasil penelitian ini

diharapkan dapat mengenalkan salah satu permodelan ANN di dalam dunia teknik sipil khususnya pada struktur jembatan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil prediksi nilai *demand capacity ratio* (DCR) menggunakan metode *artificial neural network* (ANN)?
2. Bagaimana tingkat akurasi pemakaian *artificial neural network* (ANN) untuk prediksi nilai *demand capacity ratio* (DCR) pada jembatan rangka?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan hasil prediksi nilai *demand capacity ratio* (DCR) menggunakan metode *artificial neural network* (ANN) pada struktur atas jembatan rangka.
2. Menentukan tingkat akurasi pemakaian *artificial neural network* (ANN) untuk prediksi nilai *demand capacity ratio* (DCR) pada struktur atas jembatan rangka.

## 1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Menambah wawasan dalam bidang ketekniksipilan yang berfokus pada nilai *demand capacity ratio* (DCR) pada jembatan rangka.
3. Mengenalkan program *artificial neural network* (ANN) untuk memprediksi nilai *demand capacity ratio* (DCR).

## 1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Software yang digunakan dalam menunjang proses analisis yaitu Microsoft Excel, SAP2000, dan Visual Studio Code.
2. Prediksi dilakukan menggunakan pendekatan *artificial neural network* (ANN).
3. Struktur yang dianalisis berupa jembatan rangka kelas A Bina Marga dengan denah dari e-katalog PT Nusantara BAJA Prima (denah dibatasi pada lebar jembatan dan segmen).
4. Analisis berfokus pada nilai *demand capacity ratio* (DCR) untuk struktur atas jembatan, berupa rangka utama.
5. Perencanaan struktur jembatan baja mengacu pada pedoman RSNI T-03-2005.
6. Standar pembebanan untuk jembatan mengacu pada pedoman SNI 1725-2016 (menggunakan faktor 70% Binamarga).



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu merupakan sarana untuk mempelajari permasalahan, metode, kelebihan, kekurangan, dan hal-hal penting lainnya pada studi atau penelitian sebelumnya dengan maksud untuk menghasilkan penelitian baru yang orisinal dan baik. Berikut ini adalah beberapa studi dan penelitian yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.

##### 2.1.1 Nilai Rating Factor Jembatan Komposit Baja-Beton

Penelitian terkait nilai *rating factor* jembatan pernah dilakukan oleh Nurbetha Hijrah Rahmadi (2014). Nurbetha Hijrah Rahmadi (2014) melakukan penelitian dengan cara membuat pemodelan jembatan komposit baja-beton dengan bantuan SAP2000. Kemudian dihitung nilai *rating factor*-nya dan melakukan simulasi *artificial neural network* dan dijalankan dengan skema *backpropagation* pada *software* MATLAB untuk mendapatkan persamaan empiris untuk memprediksi nilai *rating factor* jembatan komposit yang tipikal dengan model.

Sampel yang digunakan adalah bangunan struktur atas jembatan dengan 2 lajur, memiliki tebal pelat lantai 250mm, terdapat 3 gelagar yang mana jarak antar gelagar 3000mm, kuat tekan beton 46 MPa, tegangan leleh bajanya 410 MPa, tingginya 1250mm, lebar sayap 450mm, dan luas 36150 mm<sup>2</sup>. Hasil penelitian yang dapat adalah prediksi persamaan empiris hasil pemodelan ANN mengenai masih aman atau tidaknya jembatan untuk menahan beban yang bekerja tetap sama dengan hasil hitungan secara teoritis dan persamaan empiris yang dihasilkan dapat digunakan untuk memprediksi secara cepat nilai *rating factor* jembatan.

### 2.1.2 Optimasi Ukuran Balok

Penelitian terkait penggunaan variasi optimasi ukuran balok pernah dilakukan oleh Annisaa Yumna (2020). Annisaa Yumna (2020) melakukan penelitian dengan cara membuat pemodelan menggunakan program AutoCAD dan SAP2000. Kemudian dilakukan proses *input* pembebanan dan gaya gempa sesuai dengan peraturan SNI yang berlaku. Setelah *input* dilakukan, struktur dianalisis menggunakan SAP2000 sehingga menghasilkan gaya dalam yang selanjutnya direkapitulasi dan di-*input* ke MATLAB untuk proses menentukan bangun balok yang optimum.

Sampel yang digunakan oleh Annisaa Yumna (2020) merupakan bangunan salah satu pusat perbelanjaan yang terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta. Digunakan keadaan existing dari bangunan. Bangunan terdiri dari 7 lantai dengan luas 120.000 m<sup>3</sup>. Hasil dari penelitiannya yaitu pengaruh pemakaian ANN untuk perencanaan balok yang optimum terhadap respons dan biaya pada desain bangunan tahan gempa dan rumus empiris untuk menentukan bangun balok yang optimum terhadap objek penelitian.

### 2.1.3 Analisis Berat Gedung

Penelitian terkait analisis berat gedung pernah dilakukan oleh Fadhila, Arfan (2020). Fadhila, Arfan (2020) melakukan penelitian dengan cara melakukan prediksi perhitungan berat gedung dengan variasi terhadap panjang dan tinggi gedung yang didapat dari hasil SAP2000. pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan ANN dengan metode *backpropagation* bantuan MATLAB.

Sampel yang digunakan oleh Fadhila, Arfan (2020) merupakan bangunan gedung dengan variasi panjang dan tinggi. Hasil dari penelitiannya yaitu error yang dihasilkan oleh ANN adalah terkecil 0,02% dan tertinggi 38%. Maka, ANN dinilai cukup mampu dalam memprediksi berat gedung dengan variasi panjang 8 meter sampai 16 meter dan variasi tinggi 8 meter sampai 12 meter.

#### 2.1.4 Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi

Penelitian terkait kuat tekan beton kinerja tinggi pernah dilakukan oleh Afifudin, Nafira, Fachrurrazi (2021). Afifudin, Nafira, Fachrurrazi (2021) melakukan penelitian dengan cara transformasi data input dan target ke interval [0,1]. Dilanjutkan dengan mendesain arsitektur jaringan ANN dan menetapkan parameter-parameter pelatihan. Algoritma pembelajaran yang digunakan yaitu backpropagation. Kemudian dijalankan proses training dan validasi dengan menggunakan model jaringan yang telah didapatkan pada proses training. Pada saat pemodelan proses pembelajaran terhenti ketika *mean square error* yang diinginkan sudah tercapai.

Sampel yang digunakan oleh Afifudin, Nafira, Fachrurrazi (2021) merupakan campuran beton semen, air, agregat halus, agregat kasar, serta bahan tambah *blast furnace slag* dan *superplasticizer*. Hasil dari penelitiannya yaitu terbuktinya bahwa model ANN merupakan metode yang efektif untuk memprediksi kuat tekan beton kinerja tinggi. Hasil validasi menunjukkan bahwa tingkat ketepatan prediksi kuat tekan beton kinerja tinggi menggunakan ANN yang dikembangkan memiliki error yang rendah. Dapat disimpulkan bahwa ANN untuk memprediksi kuat tekan beton kinerja tinggi memiliki tingkat ketepatan yang baik.

#### 2.1.5 Estimasi Dimensi Optimum dan Rasio Tulangan Gedung

Penelitian terkait estimasi dimensi optimum dan rasio tulangan gedung pernah dilakukan oleh Kinanti, Akhmad, Henricus (2022). Kinanti, Akhmad, Henricus (2022) melakukan penelitian dengan 3 tahap metodologi yaitu tahap pemodelan, pelatihan, dan pengujian. Tahap pemodelan melibatkan analisis data, identifikasi parameter, dan pemilihan arsitektur jaringan. Tahap pelatihan membutuhkan persiapan data dan konfigurasi untuk pelatihan. Tahap pengujian adalah memvalidasi akurasi dari estimasi. Nilai aktual dibandingkan dengan hasil estimasi dan persentase kesalahannya dihitung.

Sampel yang digunakan yaitu gedung dengan faktor resiko II dan II. Pemodelan dibuat secara tipikal dengan menggunakan 2 jenis kolom yaitu kolom

interior dan kolom eksterior. Terdapat juga 3 jenis balok, yaitu balok interior, balok eksterior, dan balok anak. Hasil penelitian yang didapat adalah nilai yang diestimasi dari data pelatihan dan pengujian dalam model ANN sangat dekat dengan target. Model tersebut berhasil mempelajari hubungan antara parameter *input* dan *output*. Hal tersebut menunjukkan rumus empiris memiliki potensi yang baik dalam mengestimasi dimensi optimum serta rasio tulangan balok dan kolom.

## 2.2 Keaslian Penelitian

Penelitian ini merupakan hasil karya asli (bukan plagiasi). Berikut beberapa perbedaan pada penelitian ini dengan penelitian terdahulu.

1. Jembatan yang menjadi objek penelitian ini yaitu kelas A Bina Marga dengan bentang 45 meter, 50 meter, dan 55 meter.
2. Denah jembatan diadopsi dari e-katalog PT Nusantara BAJA Prima.
3. Penelitian ini hanya meninjau struktur atas jembatan rangka, berupa rangka-rangka utama saja.
4. Struktur jembatan akan dimodelkan dan ditinjau secara 3 dimensi (3D) menggunakan program SAP2000. Sedangkan untuk memprediksi nilai DCR menggunakan pendekatan ANN dengan *software* Visual Studio Code.
5. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui keakuratan hasil prediksi nilai DCR menggunakan program ANN
6. Peraturan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu menggunakan peraturan RSNI T-03-2005 dan SNI 1725-2016
7. Hasil akhir yang dicapai pada penelitian ini yaitu mengetahui tingkat akurasi pemakaian *artificial neural network* (ANN) untuk prediksi nilai *demand capacity ratio* (DCR) pada jembatan rangka serta membandingkan hasil dari prediksi nilai *demand capacity ratio* (DCR) menggunakan metode *artificial neural network* (ANN) dan metode konvensional.

**Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Penulis dengan Penelitian Terdahulu**

No	Parameter	Annisaa Yumna Aulia (2020)	Firdausa, Hasan (2020)	Afifufin, Nafira, Fachrurrazi (2021)	Harahap, Aminullah, Priyosulistyo (2022)	Ridlo, Hardawati, Jamal, Suharyatma (2023)	Penulis (2023)
1	Judul	Pemakaian Artificial Neural Network (ANN) Untuk Optimasi Ukuran Balok Pada Desain Bangunan Beton Bertulang Tahan Gempa (Studi Kasus Bangunan Pusat Perbelanjaan Di Yogyakarta)	Prediksi dan Analisis Berat Gedung Dengan Structural Analysis Program 2000 (SAP2000) Dan Metode Artificial Neural Network	Prediksi Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi Dengan Pemodelan Metode Artificial Neural Network (ANN)	Pendekatan Artificial Neural Network (ANN) untuk Mengestimasi Dimensi Optimum dan Rasio Tulangan Gedung	Penggunaan Artificial Neural Network (ANN) Untuk Memprediksi Nilai Demand Capacity Ratio (DCR) Pada Struktur Atas Jembatan Rangka Bina Marga Kelas A Bentang 45 Meter	Prediksi Nilai <i>Demand Capacity Ratio</i> (DCR) Jembatan Rangka Dengan Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)
2	Tujuan Penelitian	1. Mengetahui pengaruh pemakaian artificial neural network (ANN) untuk perencanaan balok yang optimum terhadap respons dan biaya pada desain bangunan tahan gempa.	1. Dapat menghitung berat gedung yang divariasi terhadap panjang dan tinggi dengan aplikasi SAP2000	1. Untuk mengembangkan model yang dapat memprediksi kuat tekan high performance concrete (HPC) dengan menggunakan ANN	1. Untuk Membantu perencana mempersingkat waktu proses uji coba dimensi optimum serta rasio tulangan balok dan kolom pada tahap desain konseptual sehingga dari pendekatan ini bisa didapatkan gambaran keperluan biaya struktur utama	1. Untuk membandingkan hasil prediksi nilai DCR menggunakan ANN dan metode konvensional	1. Mengetahui tingkat akurasi pemakaian <i>artificial neural network</i> (ANN) untuk prediksi nilai <i>demand capacity ratio</i> (DCR) pada jembatan rangka

		2. Mengetahui persamaan empiris untuk mendapatkan dimensi balok yang optimal.	2. Dapat membuktikan kemampuan analisis artificial neural network (ANN) dengan metode back propagation dalam menganalisis jumlah berat gedung yang telah divariasi	2. Mengetahui tingkat ketepatan model dalam memprediksi kuat tekan HPC	suatu konstruksi	2. Untuk mengetahui tingkat akurasi pemakaian ANN untuk prediksi nilai DCR pada struktur atas jembatan rangka kelas A Bina Marga bentang 45 meter	2. Membandingkan hasil prediksi nilai <i>demand capacity ratio</i> (DCR) menggunakan metode <i>artificial neural network</i> (ANN) dan metode konvensional.
		3. Mengetahui pengaruh bentuk balok terhadap displacement, gaya, dan momen yang terjadi pada bangunan tahan gempa.	3. Dapat menghitung error yang dihasilkan melalui analisis ANN dengan pendataan hasil running SAP2000	-	-		-

		4. Mengetahui pengaruh bentuk balok terhadap kontrol ketidakberaturan, P-delta effect, dan drift ratio pada bangunan tahan gempa.	-	-	-		-
--	--	---	---	---	---	--	---

3	Metode Penelitian	<p>Penelitian dilakukan dengan cara membuat permodelan menggunakan program AutoCAD dan SAP2000. Kemudian dilakukan proses input pembebanan dan gaya gempa sesuai dengan peraturan SNI yang berlaku. Setelah input dilakukan, maka struktur dianalisis menggunakan SAP2000 sehingga menghasilkan gaya dalam yang selanjutnya di rekapitulasi dan di-input ke MATLAB untuk proses menentukan bangun balok yang optimum.</p>	<p>Penelitian dilakukan dengan cara melakukan prediksi perhitungan berat gedung dengan variasi terhadap panjang dan tinggi gedung yang didapatkan dari hasil SAP2000. Permodelan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan artificial neural network (ANN) dengan metode backpropagation dengan bantuan software MATLAB. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer yang telah terinstal program MATLAB</p>	<p>Penelitian dilakukan dengan diawali dengan transformasi data input dan target ke interval [0,1]. Dilanjutkan dengan mendesain arsitektur jaringan ANN dan menetapkan parameter-parameter pelatihan. Algoritma pembelajaran yang digunakan yaitu backpropagation. Kemudian dijalankan proses training dan validasi dengan menggunakan model jaringan yang telah didapatkan pada proses training. Pada saat pemodelan proses pembelajaran</p>	<p>Penelitian dilakukan dengan 3 langkah metodologi yaitu tahap pemodelan, pelatihan dan pengujian. Tahap pemodelan melibatkan analisis data, identifikasi parameter, dan pemilihan arsitektur jaringan. Tahap pelatihan membutuhkan persiapan data dan konfigurasi untuk pelatihan. Tahap pengujian adalah memvalidasi akurasi dari estimasi. Nilai aktual dibandingkan dengan hasil estimasi dan persentase kesalahannya dihitung.</p>	<p>Penelitian ini dilakukan dengan membuat struktur jembatan rangka kelas A Bina Marga dengan bentang 45 meter. Kemudian membuat permodelan SAP2000 dan mencari nilai demand capacity ratio (DCR). Setelah itu membuat arsitektural ANN untuk memprediksi nilai DCR dan mendapatkan nilai MAPE, RMSE, dan koefisien determinasi</p>	<p>Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat permodelan jembatan rangka baja dengan program SAP2000. Setelah itu dihitung nilai demand capacity ratio (DCR) dan menggunakan artificial neural network (ANN) untuk simulasi prediksinya. Kemudian dihitung menggunakan MAPE untuk membedakan hasil data asli dan data prediksi serta RMSE untuk mengevaluasi model ANN tersebut</p>
---	-------------------	---	--	--	--	---	---



				terhentikan ketika mean square error yang diinginkan sudah tercapai.			
4	Sampel/Objek Bangunan	Bangunan yang menjadi objek penelitian adalah salah satu pusat perbelanjaan yang terletak Daerah Istimewa Yogyakarta. Digunakan keadaan existing dari bangunan. Bangunan terdiri dari 7 lantai dengan luas 120.000 m <sup>2</sup>	Bangunan yang menjadi objek penelitian adalah gedung dengan variasi panjang dan tinggi	Campuran beton semen, air, agregat halus, agregat kasar, serta bahan tambah blast furnace slag dan superplasticizer.	Gedung dengan faktor resiko I dan II. Permodelan dibuat secara tipikal dengan menggunakan 2 jenis kolom: kolom interior, kolom eksterior, dan 3 jenis balok: balok interior, balok eksterior, balok anak.	Jembatan rangka baja Bina Marga kelas A bentang 45 meter	Jembatan rangka baja kelas A Bina Marga varian bentang 45 meter, 50 meter, dan 55 meter

5	Cakupan Penelitian	Respon struktural bangunan, seperti: momen, gaya, dan displacement yang terjadi, kontrol terhadap ketidakberaturan, P-delta effect, dan drift ratio. Penggunaan ANN dalam optimasi bangun balok.	Variasi desain gedung: panjang, lebar, tinggi, ukuran balok beton, ukuran kolom, ketebalan pelat lantai dan kuat tekan beton. Penggunaan ANN untuk prediksi berat gedung	Kuat tekan beton, artificial neural network (ANN) untuk prediksi, mean absolute persentage error (MAPE), MATLAB	Estimasi artificial neural netwoek dimensi optimum rasio tulangan desain konseptual	Demand capacity ratio (DCR), artificial neural network (ANN), mean absolute persentage error (MAPE), root mean square error (RMSE), koefisien determinasi	Demand capacity ratio (DCR), artificial neural network (ANN) untuk prediksi, mean absolute persentage error (MAPE), root mean square error (RMSE), koefisien determinasi
6	Peraturan yang digunakan	SNI 03-1726-2002	-	-	SNI 14-1727-2018	RSNI T-03-2005	RSNI T-03-2005
		SNI 03-2847-2002	-	-	SNI 15-1726-2019	SNI 1725-2016	SNI 1725-2016
		PPIUG 1983	-	-	SNI 16-2847-2019	-	-

7	Hasil Penelitian	<p>Pengaruh pemakaian ANN untuk perencanaan balok yang optimum terhadap respons dan biaya pada desain bangunan tahan gempa dan rumus empiris untuk menentukan bangun balok yang optimum terhadap objek penelitian.</p>	<p>Error yang dihasilkan oleh ANN tertinggi sebesar 38% dan terkecil 0,02%. ANN dinilai cukup mampu berat gedung dengan variasi panjang dari 8 meter sampai 16 meter dan variasi tinggi 8 meter sampai 12 meter</p>	<p>Model ANN merupakan metode yang efektif untuk memprediksi kuat tekan beton kinerja tinggi. Hasil validasi menunjukkan bahwa tingkat ketepatan prediksi kuat tekan beton kinerja tinggi menggunakan ANN yang dikembangkan memiliki error yang rendah. Dapat disimpulkan bahwa ANN untuk memprediksi kuat tekan beton kinerja tinggi memiliki tingkat ketepatan yang baik.</p>	<p>Nilai yang diestimasi dari data pelatihan dan pengujian dalam model ANN sangat dekat dengan nilai target. Model tersebut berhasil mempelajari hubungan antara parameter input dan output. Hal tersebut menunjukkan rumus empiris memiliki potensi yang baik dalam mengestimasi dimensi optimum serta rasio tulangan balok dan kolom.</p>	<p>Model ANN yang digunakan dapat memprediksi nilai DCR dari struktur atas jembatan rangka. Nilai parameter RMSE dan MAPE didapatkan nilai yang masih besar, sehingga disimpulkan akurasi belum baik. Akan tetapi, berdasarkan kedua parameter tersebut diketahui bahwa model ANN yang dibuat tidak mengalami <i>overfitting</i> dilihat dari selisih nilai yang didapat pada proses training dan testing yang kecil</p>	-
---	------------------	--	---	---	---	--	---

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Jembatan

##### 3.1.1 Tipe Jembatan

Teknik perencanaan jembatan mengalami kemajuan dari waktu ke waktu. Menurut Supriadi dan Muntohar (2007) dapat dikatakan bahwa sejarah jembatan sejalan dengan waktu sejarah peradaban manusia. Akan tetapi keberhasilan di bidang teknik jembatan bukan berarti suatu hal yang mudah untuk menjadi seperti sekarang ini.

Adapun tipe struktur jembatan yang umum diketahui adalah sebagai berikut.

1. Jembatan gelagar: jembatan tipe ini dibagi menjadi berbagai macam gelagar tergantung bentuk dan jenis gelagar. Misalnya gelagar pelat, gelagar balok T, gelagar *box*, gelagar komposit, dan gelagar *grillade*
2. Jembatan rangka: jembatan ini terdiri dari rangka baja yang dihubungkan satu dengan lainnya untuk membentuk bentuk yang stabil yaitu segitiga. Setiap rangka baja dapat bekerja sebagai batang tarik atau tekan atau keduanya tergantung posisi beban.
3. Jembatan lengkung: jembatan yang membentuk lengkung dan bentuk ini sesuai untuk menahan gaya aksial tekan. Jaman dahulu batu merupakan material umum yang digunakan dalam jembatan lengkung.
4. Jembatan kabel: jembatan dimana kabel sebagai penahan gelagar atau balok dan kabel tersebut dihubungkan ke menara.
5. Jembatan gantung: jembatan dengan sistem rantai digantung pada penggantung/*hanger* dan *hanger* ini dihubungkan dengan *main cable* yang digantung di menara dan ditarik untuk ditanam di blok anker. Beban-beban disalurkan sebagai gaya tarik kabel.

6. Jembatan *hybrid*: gabungan antara jembatan gantung dengan jembatan kabel. Kabel yang dipasang ini untuk menambah kekakuan dan stabilitas dari struktur jembatan.

### 3.1.2 Pembebanan

Untuk menganalisis jembatan perlu memperhitungkan beban beban yang akan terjadi. Beban beban yang akan diterima harus direncanakan sesuai standar yang ada karena dapat mempengaruhi struktur jembatan. Pembebanan dalam perencanaan jembatan di Indonesia mengacu pada Standar Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725-2016). Berdasarkan SNI 1725-2016, aksi-aksi (beban perpindahan, dan pengaruh lainnya) dikelompokkan menurut sumbernya, antara lain adalah:

1. aksi tetap,
2. aksi sementara (beban lalu lintas),
3. aksi lingkungan, dan
4. aksi-aksi lainnya.

#### 3.1.2.1 Aksi Tetap (*Permanent Actions*)

Aksi tetap merupakan beban permanen yang diterima oleh struktur jembatan selama masa layan. Dalam penelitian ini aksi tetap terdiri atas berat sendiri struktur dan beban mati tambahan.

1. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktur, ditambah dengan elemen non struktur yang dianggap tetap. Berat sendiri dihitung berdasarkan berat isi dan kerapatan massa (*unit weight and mass densities*) seperti Tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1 Berat Isi Untuk Beban Mati**

No	Bahan	Berat isi (kN/m <sup>2</sup> )	Kerapatan Massa (Kg/m <sup>3</sup> )
1	Lapisan permukaan aspal	22,0	2245
2	Besi tuang	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan	18,8-22,7	1920-2315
5	Aspal beton	22,0	2245
6	Beton ringan	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton ( $f_c < 35$ MPa)	22,0-25,0	2320
	Beton ( $35 < f_c < 105$ MPa)	$22+0,022 f_c$	$2240+2,29 f_c$
8	Baja	78,5	7850
9	Kayu ringan	7,8	800
10	Kayu keras	11,0	1125

(Sumber: SNI 1725 : 2016)

## 2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Beban mati contohnya dapat berupa lapisan kembali permukaan aspal (*overlay*) setebal 50 mm dengan  $\gamma$  aspal sebesar 25 kN/m<sup>3</sup>.

### 3.1.2.2 Aksi Sementara (*Transient Action*)

Aksi sementara (*transient action*) adalah aksi akibat pembebanan sementara dan bersifat berulang-ulang. Berikut yang termasuk dalam aksi sementara adalah.

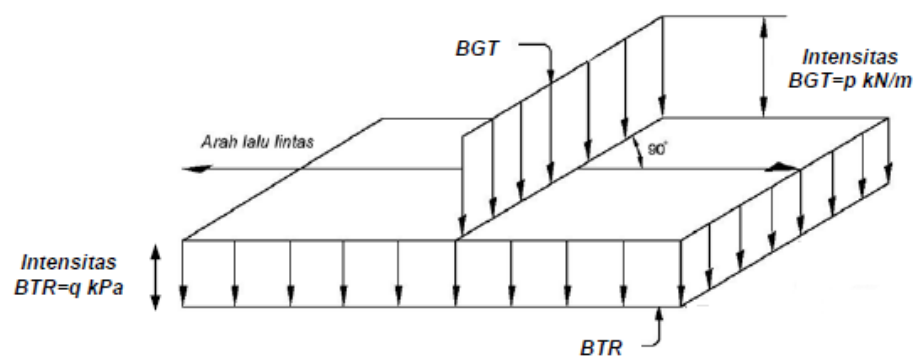
#### 1. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang

bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana

a. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” adalah susunan beban pada setiap lajur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar  $q$  kPa dan beban garis “p”. Besar beban  $q$  tergantung pada panjang total  $L$  yang dibebani dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut: untuk  $L \leq 30$  m, maka  $q = 9,0$  kPa untuk  $L > 30$  m, maka  $q = 9,0 (0,5 + 15/L)$  kPa. Dimana,  $q$  = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)  $L$  = panjang total jembatan yang dibebani (meter) (SNI 1725-2016, Pasal 8.3.1). Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 49,0 kN/m (SNI 1725-2016, Pasal 8.3.1). Penyebaran beban lajur “D” dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



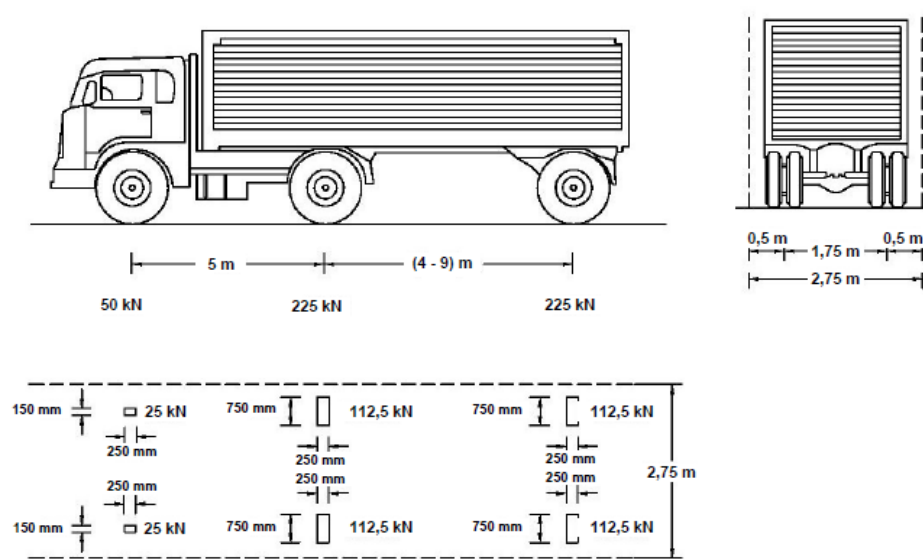
**Gambar 3.1 Beban Lajur “D”**

(Sumber: SNI 1725 : 2016)

Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban “D” pada arah melintang harus sama.

b. Beban Truk “T”

Pembentukan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Persebaran truk “T” dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



**Gambar 3.2 Pembebanan Truk “T”**

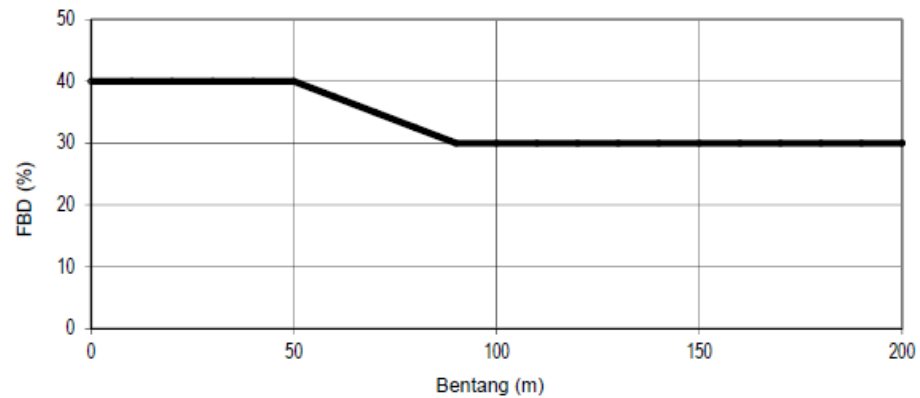
(Sumber: SNI 1725 : 2016)

c. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen. Besarnya BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam



fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. Beban garis FBD dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



**Gambar 3.3 Faktor Beban Dinamis (FBD)**

(Sumber: SNI 1725 : 2016)

Catatan:

Untuk bentang sederhana  $LE = \text{panjang bentang aktual}$  (3.1)

Untuk bentang menerus  $LE = \sqrt{L_{rata-rata} - L_{maks}}$  (3.2)

Keterangan:

$L_{rata-rata}$  = panjang bentang rata-rata dari bentang-bentang menerus.

$L_{maks}$  = panjang bentang maksimum dari bentang-bentang menerus.

## 2. Gaya Rem

Gaya rem harus ditempatkan di semua lajur rencana sesuai dengan SNI 1725:2016 Pasal 8.2 dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk dapat bekerja secara horizontal diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Beban gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

- a. 25% dari berat gandar truk desain, atau
- b. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)

### 3.2 Kapasitas Nominal Komponen Struktur

Kekuatan pada struktur jembatan rangka baja berkaitan dengan kapasitas yang mampu diterima oleh suatu mutu pada material elemen tersebut. Kapasitas nominal komponen struktur dalam penelitian ini didapat dari perhitungan analisis yang mengacu pada RSNI T-03-2005.

#### 3.2.1 Komponen Struktur Batang Tarik

Dalam menentukan tahanan nominal suatu batang tarik, harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu.

1. Leleh dari luas penampang kotor, di daerah yang jauh dari sambungan.
2. Fraktur dari luas penampang efektif pada daerah sambungan.
3. Geser blok pada sambungan.

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor,  $N_u$ , harus memenuhi:

$$N_u \leq \phi N_n \quad (3.3)$$

RSNI T-03-2005 menggunakan notasi  $N_n$  untuk menyatakan gaya tarik aksial terfaktor, namun dalam penelitian ini digunakan notasi  $CT$  untuk membedakan dengan notasi gaya tekan aksial.  $CT$  adalah tahanan nominal dari penampang yang ditentukan berdasarkan tiga macam keruntuhan yang sudah disebutkan sebelumnya.

Dengan  $CT$  merupakan kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah di beberapa persamaan di bawah ini:

- a. kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto:

$$CT = A_g f_y \quad (3.4)$$

- b. kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif:

$$CT = A_{et} f_u \quad (3.5)$$

- c. kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan rupture

- 1) kuat geser rupture nominal

$$CT = 0,6 A_{ev} f_u \quad (3.6)$$

- 2) kuat tarik rupture nominal

$$CT = A_{et} f_u \quad (3.7)$$

3) kuat tarik dan geser rupture nominal

a) untuk  $A_{et}f_u \geq 0,6 A_{ev}f_u$

$$CT = 0,6 A_{gv}f_y + A_{et}f_u \quad (3.8)$$

b) untuk  $0,6 A_{ev}f_u + A_{et}f_u$

$$CT = 0,6 A_{nv}f_u + A_{gt}f_y \quad (3.9)$$

Keterangan

$A_g$  = luas penampang bruto ( $\text{mm}^2$ )

$A_{gt}$  = luas penampang bruto terhadap tarik ( $\text{mm}^2$ )

$A_{gv}$  = luas penampang bruto terhadap geser ( $\text{mm}^2$ )

$A_{et}$  = luas penampang efektif terhadap tarik ( $\text{mm}^2$ )

$A_{ev}$  = luas penampang efektif terhadap geser ( $\text{mm}^2$ )

$f_y$  = tegangan leleh, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa)

$f_u$  = tegangan tarik putus, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa).

Nilai  $\phi$  dalam persamaan (3.3) diambil sebesar 0,9 untuk hubungan dengan persamaan (3.4) dan  $\phi$  diambil sebesar 0,75 untuk hubungan persamaan (3.5), (3.6), (3.7), (3.8), dan (3.9).

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami daya tarik ditentukan sebagai berikut:

$$A_e = AU$$

$$U = 1 - (x/L) \leq 0,90 \quad (3.10)$$

Keterangan:

$A$  = luas penampang netto, dinyatakan dalam milimeter per segi, ( $\text{mm}^2$ )

$U$  = faktor reduksi

$x$  = eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan, dinyatakan dalam milimeter (mm)

$L$  = panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut terjatuh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik, dinyatakan dalam milimeter (mm)

### 3.2.2 Komponen Struktur Batang Desak

Kelakuan elemen struktur berkaitan dengan fenomena teknik (*buckling*). Suatu elemen yang memiliki kekakuan kecil akan lebih mudah terjadi tekuk dibandingkan dengan elemen yang mempunyai kekakuan besar. Berdasarkan RSNI T-03-2005 struktur yang memikul gaya tekan aksial terfaktor harus memenuhi:  $N_u \leq \phi N_n$

Perbandingan kelangsingan:

1. Kelangsingan elemen penampang (Tabel 4 RSNI T-03-2005)  $< \lambda_r$  (3.11)

2. Kelangsingan komponen struktur tekan,  $\lambda = \frac{Lk}{r} \leq 140$  (3.12)

Berdasarkan RSNI T-03-2005 kuat tekan akibat tekuk lentur digunakan notasi  $N_n$ , namun dalam penelitian ini menggunakan notasi  $C_c$ . Perhitungan kuat tekan akibat tekuk lentur dapat ditentukan sebagai berikut:

$$N_n = 0,66^{\lambda_c^2} \times A_g \times f_y \text{ untuk } \lambda_c \leq 1,5 \quad (3.13)$$

$$N_n = \frac{0,88}{\lambda_c} \times A_g \times f_y \text{ untuk } \lambda_c > 1,5 \quad (3.14)$$

$$\lambda_c = \frac{Lk}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3.15)$$

$$Lk = kc \times L \quad (3.16)$$

Keterangan:

$A_e$  = luas penampang efektif ( $\text{mm}^2$ )

$A_g$  = luas penampang bruto ( $\text{mm}^2$ )

$f_y$  = tegangan leleh (MPa)

$\lambda_c$  = parameter kelangsingan




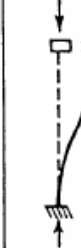






$kc$  = faktor panjang tekuk untuk komponen struktur jembatan rangka

$E$  = modulus elastisitas bahan baja (MPa)

$L$  = panjang batang (mm)

$Lk$  = panjang batang tekuk (mm)

Untuk faktor panjang tekuk dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

	Kolom Tak Bergoyang			Kolom Bergoyang		
Bentuk tekuk						
Faktor panjang efektif (k)	0.70	0.85	1.00	1.2	2.2	2.2
Simbol untuk keadaan penahan ujung	 = Rotasi terjepit, translasi terjepit  = Rotasi bebas, translasi terjepit			 = Rotasi terjepit, translasi bebas  = Rotasi bebas, translasi bebas		

**Gambar 3.4 Faktor Panjang Tekuk**

(Sumber: RSNI T-03-2005)

**Tabel 3.2 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Keadaan Batas Ultimit**

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan, $\phi$
a. Lentur	0,90
b. Geser	0,90
c. Aksial tekan	0,85
d. Aksial tarik	
1. terhadap kuat tarik leleh	0,90
2. terhadap kuat tarik fraktur	0,75
e. Penghubung geser	0,75
f. Sambungan baut	0,75
g. Hubungan las	
1. Las tumpul penetrasi penuh	0,90
2. Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,75

(Sumber: RSNI T-03-2005)

### 3.2.3 Demand Capacity Ratio (DCR)

Apabila dimensi komponen struktur dan kualitas bahan sudah diketahui, maka kekuatan struktur dalam mendukung gaya aksial, momen, dan geser dapat dianalisis. FEMA 356 menyebutkan nilai dan distribusi dari kebutuhan inelastik pada komponen utama dari hasil analisis linier dinamik elastik ditentukan melalui nilai DCR (*Demand Capacity Ratio*), menurut pada persamaan 3.17

$$DCR = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \quad (3.17)$$

Keterangan:

$Q_{UD}$  = kuat perlu akibat beban gravitasi dan beban gempa, dan

$Q_{CE}$  = kuat yang diharapkan pada setiap komponen,

Kuat yang diharapkan ( $Q_{CE}$ ) adalah sama dengan kapasitas (kuat nominal) dikalikan 1,25.

Kuat perlu akibat beban gravitasi dan beban gempa ( $Q_{UD}$ ) dihitung berdasarkan kombinasi. Sesuai ketentuan SNI 03-2847-2013 kuat perlu yang diperhitungkan pada persamaan 3.18 dan persamaan 3.19

$$Q_{UD} = 1,2D + 1,0L + 1,0E \quad (3.18)$$

$$Q_{UD} = 0,9D + 1,0E \quad (3.19)$$

Keterangan:

D = beban mati

L = beban hidup yang ditetapkan sesuai ketentuan PPI untuk Gedung 1987

E = beban gempa menurut SNI 1726-2012

FEMA 356 menyatakan bahwa prosedur analisis statik linier dapat digunakan apabila.

1. jika nilai DCR pada setiap komponen  $\leq 2,0$  maka prosedur analisis dapat digunakan
2. jika pada satu atau lebih komponen, Nilai DCR  $> 2,0$  dan tidak terdapat adanya ketidak-beraturan pada struktur, maka prosedur analisis linier dapat digunakan
3. jika pada satu atau lebih komponen, nilai DCR  $> 2,0$  dan terdapat ketidak-beraturan pada struktur, maka prosedur analisis linier tidak dapat digunakan

### 3.3 Pendekatan *Artificial Neural Network* (ANN)

*Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) umumnya hanya disebut *Neural Network* (NN). Dalam bukunya, Haykin S. (2009) mendefinisikan *Neural Network* sebagai mesin yang dirancang untuk

memodelkan jalan di mana otak melakukan tugas atau fungsi tertentu yang menarik, jangan biasanya diimplementasikan dengan menggunakan komponen elektronik atau disimulasikan dalam perangkat lunak pada digital komputer.

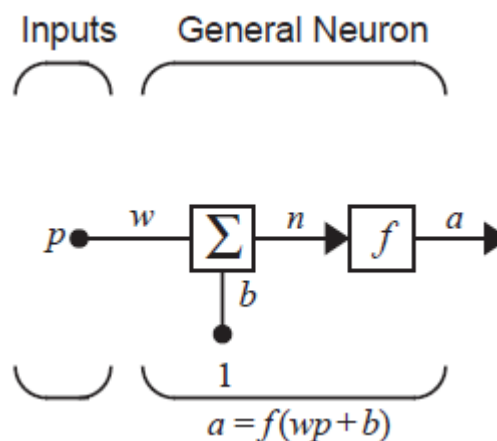
*Artificial Neural Network* (ANN) dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara *input* dan *output* untuk menemukan pola-pola pada data. *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) pada dasarnya merupakan fungsi model matematika yang mendefinisikan fungsi  $f: X \rightarrow Y$ .

### 3.3.1 Model *Neuron*

Terdapat dua macam model neuron yaitu *Single-Input Neuron* dan *Multi-Input Neuron* (Hagan M., 2002). Berikut penjabaran masing-masing model.

#### 1. *Single-Input Neuron*

*Single-Input Neuron* hanya terdiri dari satu *input neuron* saja sesuai dengan istilah yang digunakan. Hal ini dapat diilustrasikan di dalam gambar berikut.



**Gambar 3.5 *Single-Input Neuron***

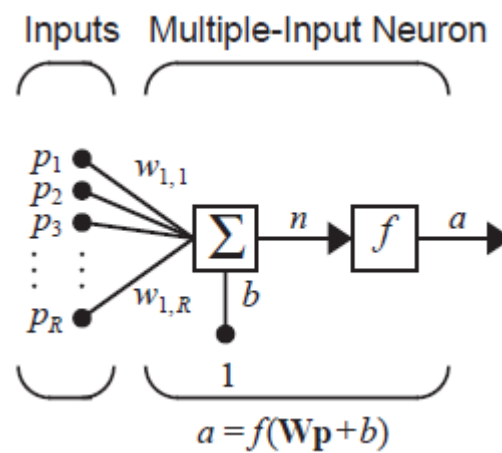
(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

Pada Gambar 3.5. dapat dilihat bahwa *input* disimbolkan dengan  $p$ . Nilai *input*,  $p$ , ini akan dikalikan dengan  $w$  atau *weight* yang kemudian akan dijumlahkan (ditandai dengan  $\Sigma$  pada gambar) dengan pengalinya antara 1 dengan bias yang disimbolkan dengan  $b$ . Bias,  $b$ , pada dasarnya sama seperti

*weight*,  $w$ , yang membedakan antara keduanya adalah bias,  $b$ . selalu dikalikan dengan 1 dan sifatnya opsional (dapat dihilangkan) berbeda dengan *weight* yang pengalinya adalah *input* dan sifatnya tidak opsional. *Output* dari penjumlahan ini disebut *net input* yang disimbolkan dengan  $n$ . *Net input*,  $n$ , akan dilanjutkan ke *transfer function*,  $f$ , dan menghasilkan *output*  $a$

## 2. Multi-Input Neuron

*Multi-Input Neuron* terdiri dari banyak *input* (lebih dari satu) yang diilustrasikan pada gambar 3.6 berikut ini.



**Gambar 3.6 Multi-Input Neuron**

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

Masing-masing *input*  $p_1, p_2, \dots, p_R$  dikalikan dengan *weight matrix*,  $W$ , yang terdiri dari elemen  $w_{1,1}, w_{1,2}, \dots, w_{1,R}$ . Dengan menggunakan cara kerja yang sama dengan *Single-Input Neuron*, maka persamaan *net input* yang terjadi adalah

$$n = w_{1,1}p_1 + w_{1,2}p_2 + \dots + w_{1,R}p_R + b \quad (3.20)$$

sehingga output yang terjadi dapat dituliskan sebagai

$$a = f(WP + b) \quad (3.21)$$

dengan  $W$  dan  $P$  merupakan bentuk matriks dari  $w$  dan  $p$ .

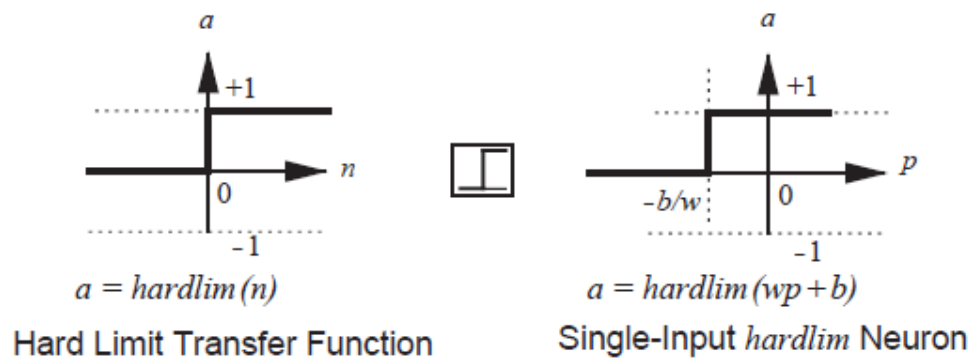


### 3.3.2 Transfer Function

*Transfer Function* dapat berupa fungsi yang linier maupun non-linier. *transfer Functions* dipilih berdasarkan spesifikasi tertentu yang dapat menyelesaikan suatu masalah. Umumnya, ada 3 macam fungsi yang sering digunakan yaitu.

#### 1. Hard Limit Transfer Functions

Berikut ini merupakan ilustrasi dari *Hard Limit Transfer Functions*.

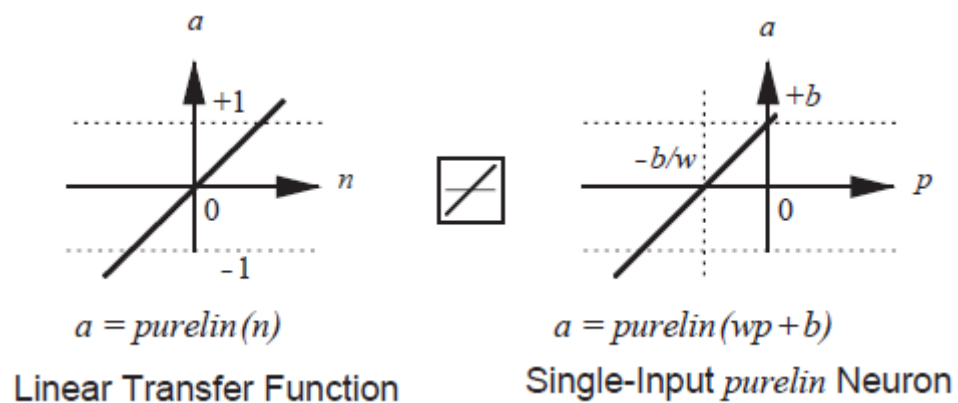


**Gambar 3.7 Hard Limit Transfer Function**

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

#### 2. Linear Transfer Function

Berikut ini merupakan ilustrasi dari *Linear Transfer Function*.



**Gambar 3.8 Linier Limit Transfer Function**

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

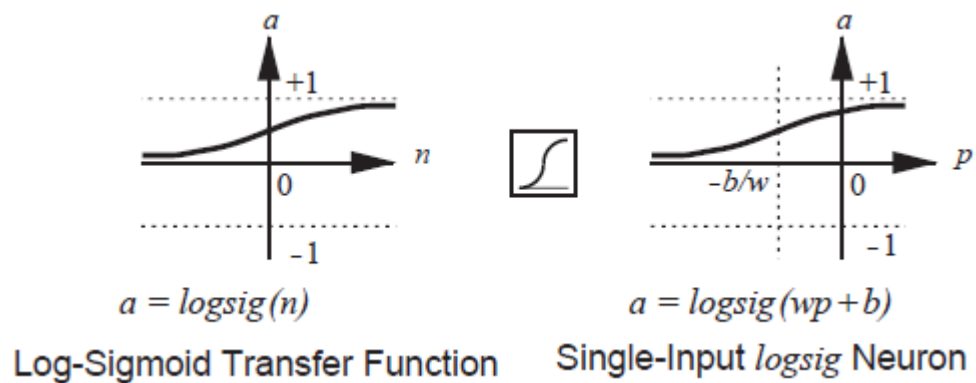
Output dari *Linear Transfer Function* sama dengan input-nya sama seperti yang sudah diilustrasikan pada gambar 3.8. Maka persamaan untuk *Linear Transfer Function* adalah sebagai berikut.

$$a = n$$

*Neuron* yang menggunakan transfer fungsi ini ada pada *Adaline Networks*.

### 3. Log-Sigmoid Transfer Function

Berikut ini merupakan ilustrasi dari *Log-Sigmoid Transfer Function*



**Gambar 3.9** *Linier Limit Transfer Function*

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

Fungsi *transfer* ini mengambil *input* (yang mungkin memiliki nilai di antaranya plus dan minus tak terhingga) dan menekan *output* menjadi kisaran 0 hingga 1, sesuai dengan persamaannya, yaitu:

$$a = \frac{1}{1+e^{-n}} \quad (3.22)$$

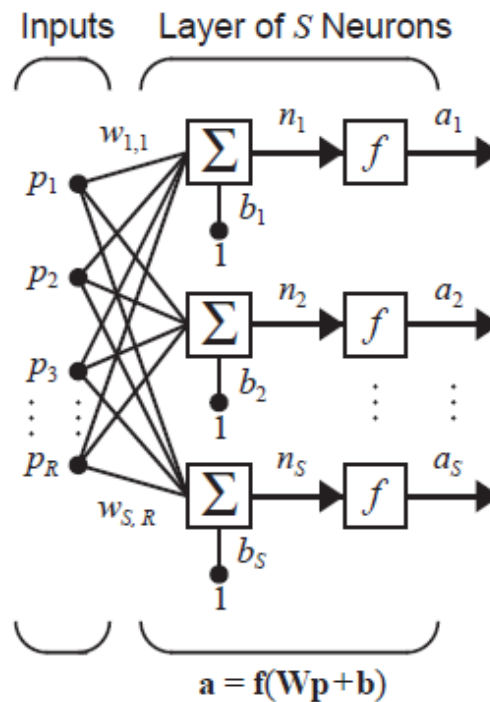
Fungsi *transfer log-sigmoid* umumnya digunakan dalam jaringan *multi-layer* yang dilatih menggunakan algoritma *backpropagation*.

#### 3.3.3 Network Architectures

Biasanya satu neuron, bahkan dengan banyak *input*, mungkin tidak cukup. Bisa saja diperlukan lima atau sepuluh beroperasi secara paralel, inilah yang disebut dengan lapisan atau *layers*. Konsep lapisan ini dibahas pada poin-poin di bawah ini,

### 1. A Layer of Neurons

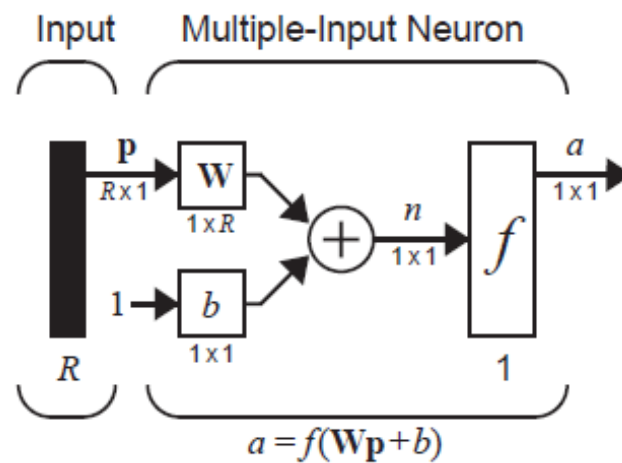
*Single-Layer Networks* dari  $S$  neuron dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut ini. Perlu diketahui bahwa matriks *input* terkoneksi dengan masing-masing *neuron* dan matriks *weights* yang terdiri dari  $S$  baris.



**Gambar 3.10 A Single-Layer Networks of  $S$  Neurons**

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

Masing-masing *input*,  $p$ , terkoneksi dengan masing-masing neuron melalui matriks *weight*,  $W$ , dan masing-masing neuron memiliki satu bias  $b$ , satu penjumlahan ( $\Sigma$ ), satu *transfer function* dan *output*  $a_i$ . Jumlah *input* ke *layer* berbeda dari jumlah *neuron* ( $R \neq S$ ). Secara matrik diilustrasikan dengan gambar 3.11 berikut.

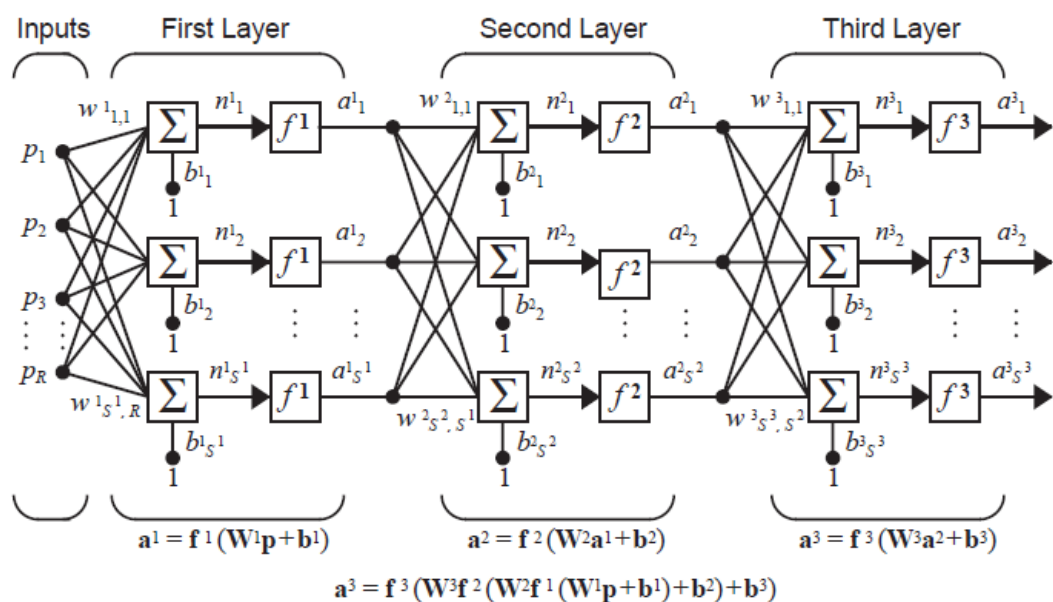


**Gambar 3.11** Matriks *A Single-Layer Networks of S Neurons*

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

## 2. Multiple Layers of Neurons

Di dalam pemodelan ini terdapat lebih dari satu *layer*, dicontohkan pada Gambar 3.12 untuk pemodelan tiga buah layer atau *three layer network*.



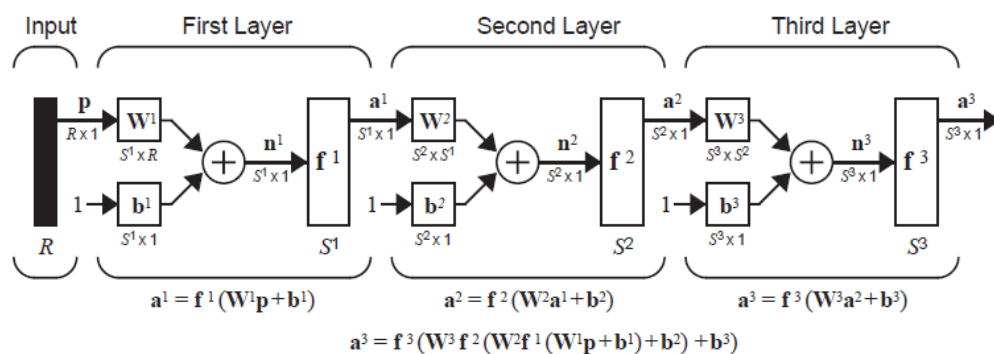
**Gambar 3.12** *Three-Layer Network*

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

Pada gambar diatas terdapat sejumlah  $R$  *inputs*,  $S^1$  neuron pada *layer* pertama,  $S^2$  *neuron* pada *layer* kedua, dan seterusnya. Perlu diingat bahwa masing-masing *layer* dapat memiliki jumlah *neuron* yang berbeda.

*Output* dari *layer* pertama dan kedua merupakan *input* dari *layer* kedua dan ketiga. *Layer* yang merupakan *network* output disebut *output layer*, sedangkan *layer* lainnya disebut *hidden layer*.

*Multi-Layer Networks* lebih fungsional dibanding *Single Layer Networks* karena *Multi-Layer Networks* memungkinkan suatu jaringan memiliki *Log Sigmoid Transfer Function* pada *layer* pertama dan *Linear Transfer Function* pada *layer* kedua. Hal ini tidak dapat dilakukan oleh *Single Layer Networks* secara matriks *Multiple Layer of Neurons* (dicontohkan tiga layers) diilustrasikan dengan gambar 3.13 berikut.

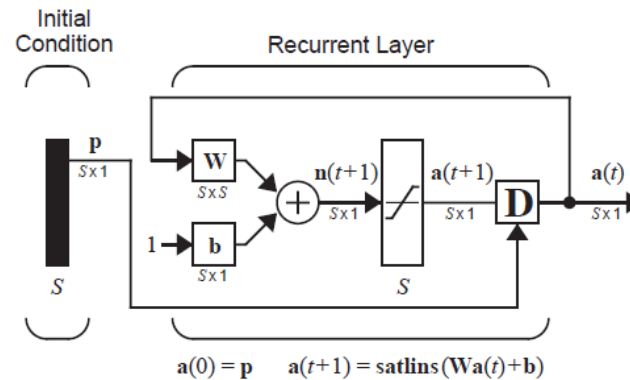


**Gambar 3.13 Matriks Three-Layer Network**

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

### 3. Recurrent Networks

*Recurrent Networks* adalah jaringan dengan umpan balik, jadi beberapa *output*-nya terhubung ke *input*-nya. Ilustrasi dari *Recurrent Networks* dapat dilihat pada gambar 3.14 sebagai berikut.



**Gambar 3.14 Recurrent Network**

(Sumber: *Neural Network Design* (Hagan M, 2002))

### 3.3.4 Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE adalah metode pengukuran dengan mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. RMSE adalah hasil akar kuadrat dari *mean square error* (MSE). Semakin kecil nilai RMSE yang didapat maka semakin akurat metode yang digunakan.

Cara menghitung RMSE ditunjukkan pada persamaan 3.23 berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (3.23)$$

Keterangan.

$A_t$  = Nilai aktual data

$F_t$  = Nilai hasil prediksi

$n$  = banyaknya data

### 3.3.5 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Metode ini melakukan perhitungan perbedaan antara data asli dan data hasil prediksi. Perbedaan tersebut diabsolutkan, kemudian dihitung ke dalam bentuk persentase terhadap data asli. Hasil persentase tersebut kemudian didapatkan nilai *mean*-nya.

Nilai MAPE adalah persentase kesalahan rata-rata secara mutlak. Nilai MAPE biasa digunakan untuk dalam *statistic* untuk mengukur akurasi. Bersumber dari Lewis (1982).

Cara menghitung MAPE ditunjukkan pada persamaan 3.24 dan 3.25 berikut..

$$PE_t = \left( \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right) \times 100 \quad (3.24)$$

Nilai Tengah Galat Persentase Absolut (*Mean Absolute Percentage Error*)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (3.25)$$

Keterangan:

$y_t$  = nilai sebenarnya pada periode ke-t

$n$  = jumlah sampel

$\hat{y}_t$  = nilai prediksi pada periode ke-

### 3.3.6 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) dijadikan sebagai alat ukur untuk mengetahui kemampuan model dalam menjelaskan variabel dependen yang bervariasi. Rentang nilai  $R^2$  adalah nol hingga satu yang mana semakin mendekati nol maka variabel independen berkemajuan terbatas dalam menerangkan variabel dependen yang bervariasi. Nilai  $R^2$  yang mendekati satu mengartikan variabel independen dapat menginformasikan hampir ke seluruh hal-hal yang dibutuhkan untuk melakukan prediksi terhadap variabel dependen (Ghozali, 2012)

$R^2$  memiliki rentang nilai untuk mendefinisikan besar ke-linieritas suatu data. Rentang nilai  $R^2$  dimulai dari  $< 0,3$  yang mencerminkan ke-linieritasnya sangat lemah.  $R^2$  dengan nilai  $0,3 < r < 0,5$  linieritasnya rendah,  $R^2$  dengan nilai  $0,5 < r < 0,7$  linieritasnya sedang  $R^2$  dengan nilai  $r > 0,7$  linieritasnya kuat (Moore dkk., 2013)

## BAB IV

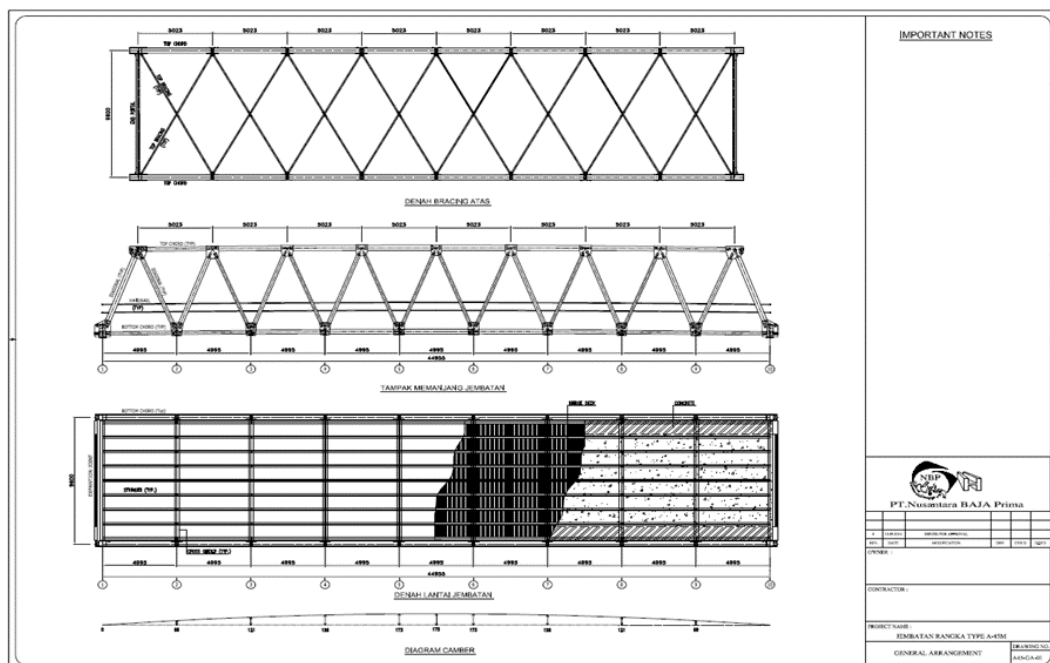
### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini memprediksi nilai DCR akibat variasi dimensi rangka dan material yang digunakan. Sebagai variabel bebas adalah dimensi rangka dan *properties material*. Sedangkan variabel terikatnya adalah nilai DCR.

#### 4.2 Model Struktur

Model struktur yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan struktur atas jembatan rangka baja Bina Marga kelas A, dengan variasi bentang *properties material* dan dimensi rangka. Struktur akan dimodelkan secara 3 dimensi dengan menggunakan standar pembebanan sesuai dengan SNI yang berlaku. Denah dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Lampiran 1 sebagai berikut.



**Gambar 4.1 Denah Jembatan**



Tabel berikut adalah beberapa variasi bentang dan *properties material* yang dilakukan.

**Tabel 4.1 Variasi Bentang dan *Properties Material***

Bentang (m)	Properties Material	Fu	Fy
45	BJ 34	340	210
	BJ 37	370	240
	BJ 41	410	250
	BJ 50	500	290
	BJ 55	550	410
50	BJ 34	340	210
	BJ 37	370	240
	BJ 41	410	250
	BJ 50	500	290
	BJ 55	550	410
55	BJ 34	340	210
	BJ 37	370	240
	BJ 41	410	250
	BJ 50	500	290
	BJ 55	550	410

### 4.3 Pengumpulan Data

Data utama yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data struktur jembatan dengan denah desain jembatan dari e-katalog PT Nusantara BAJA Prima dan untuk profil baja dari PT Gunung Garuda. Data pendukung lain seperti pembebanan, data *properties material* dan data dimensi disesuaikan dengan referensi yang ada.

#### 4.4 Alat

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah program atau aplikasi komputer. berikut program yang diperlukan dalam penelitian ini.

1. SAP2000, digunakan untuk pemodelan struktur keseluruhan dan untuk mengetahui *output* berupa momen dan gaya yang terjadi dalam pemodelan struktur.
2. AutoCAD, digunakan untuk menunjang pemodelan struktur yang akan di *input* ke dalam program SAP2000
3. Microsoft Excel, digunakan dalam melanjutkan perhitungan-perhitungan dari *output* SAP2000 dan digunakan sebagai alat kontrol terhadap syarat-syarat struktural yang berlaku.
4. Visual Studio Code, digunakan untuk membuat arsitektural prediksi ANN terhadap objek penelitian.

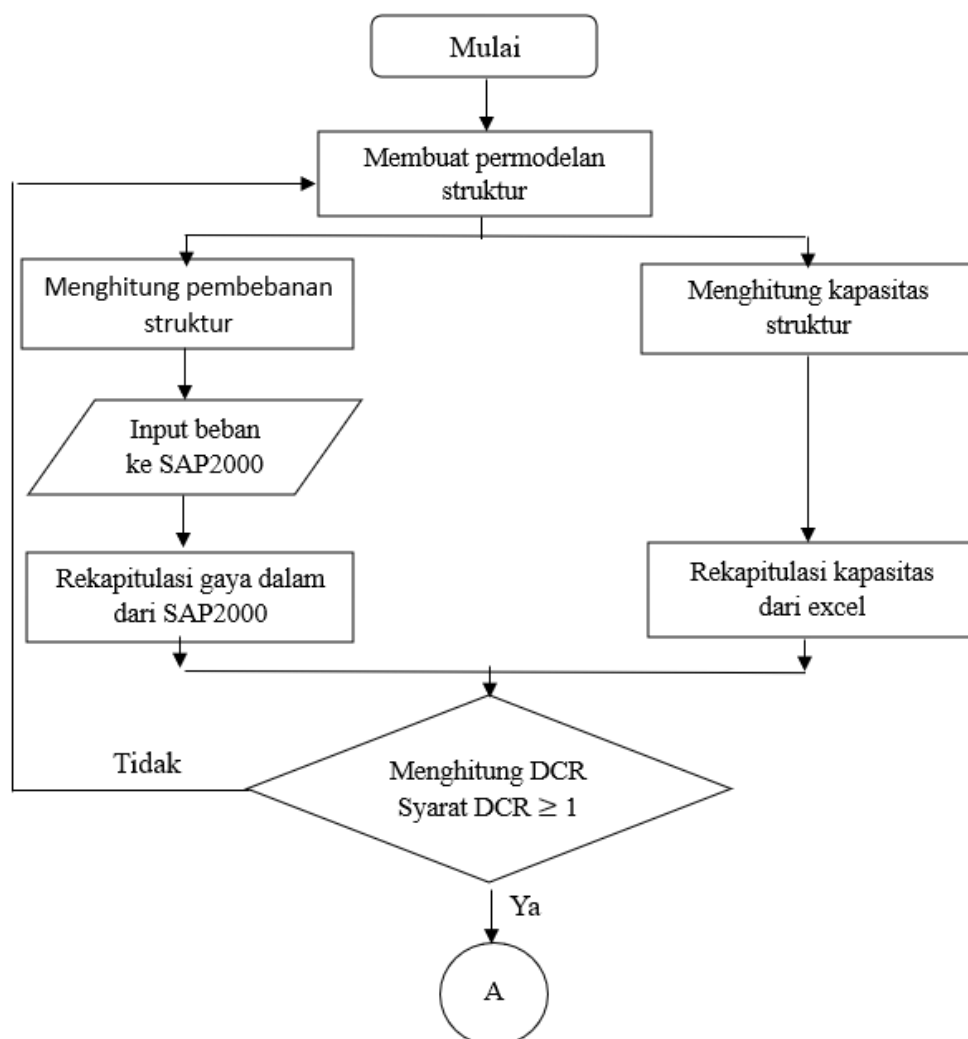
#### 4.5 Tahapan Penelitian

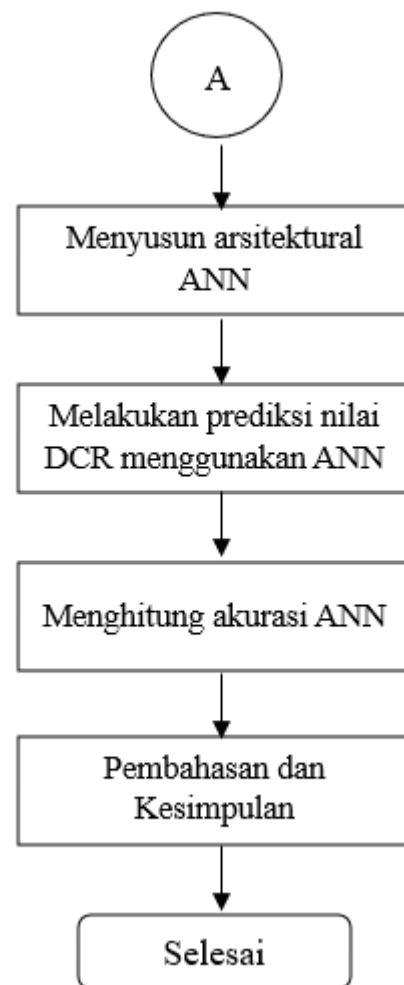
Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu.

1. Memodelkan struktur secara 3 dimensi dengan program SAP2000 dibantu dengan program AutoCAD.
2. Menghitung beban struktur seperti beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup. Kemudian memasukkan beban-beban tersebut ke pemodelan yang sudah dibuat sekaligus menghitung kapasitas struktur
3. Menganalisa pemodelan pada SAP2000 dengan semua beban struktur yang telah dimasukkan.
4. Melakukan rekapitulasi gaya dalam dan kapasitas struktur yang terjadi dari hasil pemodelan dari SAP2000.
5. Menghitung *demand capacity ratio* (DCR), nilai DCR dianggap memenuhi syarat ketika DCR kurang dari 1. Ketika nilai DCR tidak memenuhi syarat, maka dilakukan *trial error* kembali dengan memodelkan di SAP2000.
6. Menyusun arsitektural *artificial neural network* (ANN) dengan menggunakan program Visual Studio Code.

7. Menginput data model ke dalam program Visual Studio Code untuk dianalisis dengan metode *artificial neural network* (ANN). Kemudian melakukan prediksi nilai *demand capacity ratio* (DCR) dengan *artificial neural network* (ANN).
8. Menghitung akurasi dari metode *artificial neural network* (ANN) yang telah dibuat. Tingkat akurasi prediksi dilihat pada nilai *root mean square error* (RMSE) dan nilai *mean absolute percentage error* (MAPE).
9. Membuat pembahasan dari hasil yang telah diperoleh.
10. Membuat kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

Tahapan-tahapan penelitian diatas dapat diilustrasikan pada diagram alir berikut.





**Gambar 4.1 Flowchart Metode Penelitian**

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Pembebanan dan Pemodelan

Rangka utama jembatan direncanakan dapat menahan beban yang bekerja seperti beban sendiri, beban mati tambahan, beban lajur “D”, beban angin, beban pejalan kaki, beban gaya rem, dan beban gempa. Adapun perencanaan rangka utama dapat dilihat pada langkah-langkah di bawah.

##### 1. Pembebanan

###### a. Beban sendiri (MS)

###### 1) Akibat pelat pada gelagar memanjang tepi

###### a) Beban sendiri pelat tepi

$$\text{Lebar (b)} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pelat lantai (h)} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis beton } (\gamma_c) = 24 \text{ kN/m}^3$$

Berat sendiri pelat

$$\begin{aligned} Q_{MS\text{ pelat}} &= \gamma_c \times b \times h \\ &= 24 \times 1,2 \times 0,2 \\ &= 5,76 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

###### b) Total beban sendiri (MS)

$$\begin{aligned} Q_{MS\text{ total}} &= Q_{MS\text{ pelat}} \\ &= 5,76 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

###### 2) Akibat pelat pada gelagar memanjang tengah

###### a) Beban sendiri pelat tengah

$$\text{Lebar (b)} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pelat lantai (h)} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis beton } (\gamma_c) = 24 \text{ kN/m}^3$$

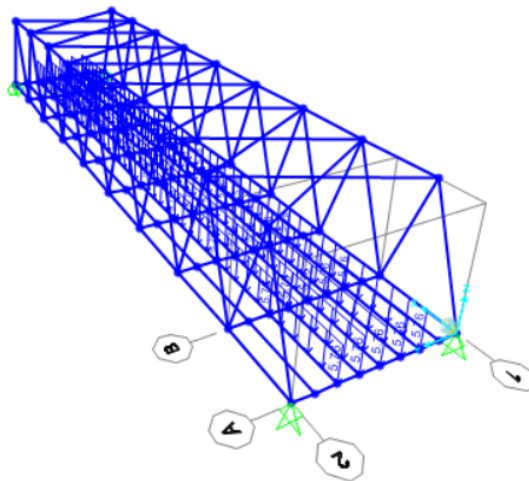
Berat sendiri pelat

$$\begin{aligned}
 Q_{MS\,pelat} &= \gamma_c \times b \times h \\
 &= 24 \times 1,2 \times 0,2 \\
 &= 5,76 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

b) Total beban sendiri (MS)

$$\begin{aligned}
 Q_{MS\,total} &= Q_{MS\,pelat} \\
 &= 5,76 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, pembebanan untuk beban sendiri diletakkan pada masing-masing gelagar memanjang sebagai beban garis seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.1 Pembebanan Beban Sendiri (MS) Gelagar Memanjang**

b. Beban mati tambahan (MA)

1) Akibat pelat pada gelagar memanjang tepi

a) Beban sendiri aspal

$$\text{Lebar (b)} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal aspal (h)} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis aspal } (\gamma_a) = 22 \text{ kN/m}^3$$

Berat sendiri pelat

$$\begin{aligned}
 Q_{MS\,aspal} &= \gamma_a \times b \times h \\
 &= 22 \times 0,2 \times 0,1
 \end{aligned}$$

$$= 0,44 \text{ kN/m}$$

b) Beban sendiri air hujan

$$\text{Lebar (b)} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pelat lantai (h)} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis beton } (\gamma_w) = 10 \text{ kN/m}^3$$

Berat sendiri pelat

$$\begin{aligned} Q_{MS \text{ air hujan}} &= \gamma_w \times b \times h \\ &= 10 \times 1,2 \times 0,05 \\ &= 0,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

c) Beban sendiri trotoar

$$\text{Lebar (b)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pelat lantai (h)} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis beton } (\gamma_c) = 24 \text{ kN/m}^3$$

Berat sendiri pelat

$$\begin{aligned} Q_{MS \text{ trotoar}} &= \gamma_c \times b \times h \\ &= 24 \times 1 \times 0,25 \\ &= 6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

d) Total beban mati tambahan

$$\begin{aligned} Q_{MS \text{ total}} &= Q_{MS \text{ air}} + Q_{MS \text{ aspal}} + Q_{MS \text{ trotoar}} \\ &= 0,44 + 0,6 + 6 \\ &= 7,04 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2) Akibat pelat pada gelagar memanjang tengah

a) Beban sendiri aspal

$$\text{Lebar (b)} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal aspal (h)} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis aspal } (\gamma_a) = 22 \text{ kN/m}^3$$

Berat sendiri pelat

$$\begin{aligned} Q_{MS \text{ aspal}} &= \gamma_a \times b \times h \\ &= 22 \times 1,2 \times 0,1 \end{aligned}$$

$$= 2,64 \text{ kN/m}$$

b) Beban sendiri air hujan

$$\text{Lebar (b)} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tebal pelat lantai (h)} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis beton } (\gamma_w) = 10 \text{ kN/m}^3$$

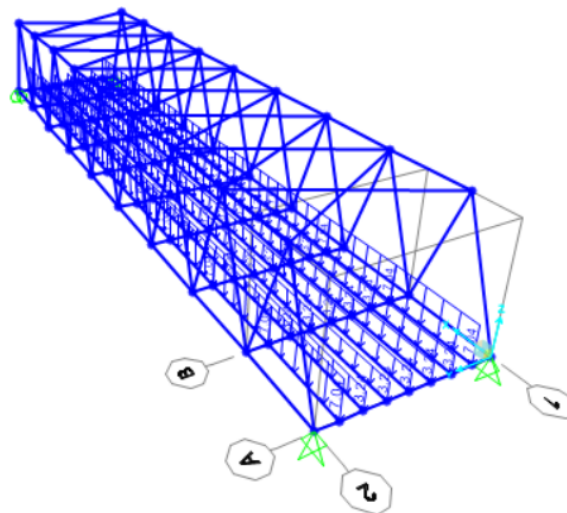
Berat sendiri pelat

$$\begin{aligned} Q_{MS \text{ air hujan}} &= \gamma_w \times b \times h \\ &= 10 \times 1,2 \times 0,05 \\ &= 0,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

c) Total beban mati tambahan

$$\begin{aligned} Q_{MS \text{ total}} &= Q_{MS \text{ air}} + Q_{MS \text{ aspal}} \\ &= 2,64 + 0,6 \\ &= 3,24 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Pembebanan untuk beban mati tambahan diletakkan pada masing-masing gelagar memanjang sebagai beban garis seperti pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.2 Pembebanan Beban Mati Tambahan (MA) Gelagar Memanjang**

c. Beban lajur “D” (TD)

1) Beban terbagi merata (BTR)



Panjang jembatan (L) = 45 m

Jarak antar gelagar (r) = 1,2 m

Faktor beban Bina Marga (FBM) = 70 %

$$\begin{aligned} q &= 9,0\left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \\ &= 9,0\left(0,5 + \frac{15}{45}\right) \\ &= 7,5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban terbagi merata tepi

$$\begin{aligned} Q_{BTR} &= q \times \frac{r}{2} \times FBM \\ &= 7,5 \times \frac{1,2}{2} \times 70\% \\ &= 3,15 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban terbagi merata tengah

$$\begin{aligned} Q_{BTR} &= q \times r \times FBM \\ &= 7,5 \times 1,2 \times 70\% \\ &= 6,3 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

## 2) Beban garis tegak (BGT)

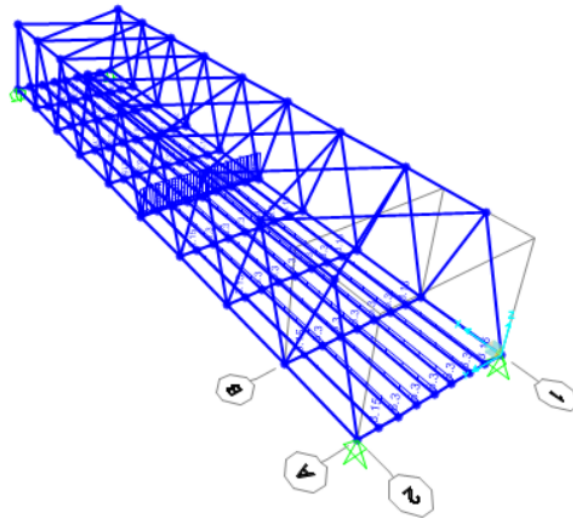
Intensitas BGT (p) = 49 kN/m

Faktor beban dinamis (FBD) = 40% (Berdasarkan Gambar 3.3)

Beban garis tegak

$$\begin{aligned} Q_{BGT} &= (1 + FBD) \times p \times FBM \\ &= (1 + 40\%) \times 49 \times 70\% \\ &= 48,02 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Pembebanan beban lajur “D” dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.3 Pembebanan Lajur “D” (TD)**

d. Beban pejalan kaki (TP)

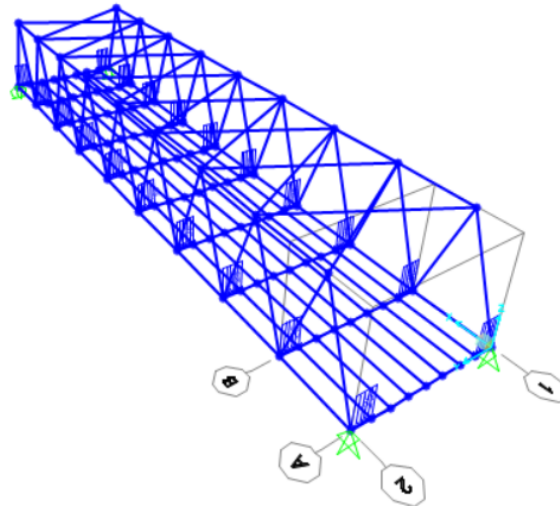
Intensitas beban pejalan kaki ( $ATP$ ) =  $5 \text{ kN/m}^2$

Panjang satu segmen jembatan ( $L$ ) =  $5 \text{ m}$

Beban pejalan kaki

$$\begin{aligned} Q_{TP} &= ATP \times L \\ &= 5 \times 5 \\ &= 25 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Pembebanan beban pejalan kaki dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.4 Pembebanan Beban Pejalan Kaki (TP)**

e. Beban gaya rem (TB)

Mengacu pada SNI 1725 (2016), besar gaya rem diambil yang terbesar dari 25% dari berat gandar truk desain atau 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi merata BTR.

1) Gaya rem 1

$$\text{Berat gandar truk (T)} = 225 \text{ kN}$$

Beban gaya rem 1

$$\begin{aligned} P_{TB1} &= 25\% \times T \\ &= 25\% \times 225 \\ &= 56,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) Gaya rem 2

$$\text{Panjang jembatan (L)} = 45 \text{ m}$$

$$\text{Lebar lalu lintas (b)} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Berat truk rencana (P}_{TT}\text{)} = 500 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban terbagi merata (Q}_{BTR}\text{)} &= 9,0\left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \\ &= 9,0\left(0,5 + \frac{15}{45}\right) \\ &= 7,5 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$= 7,5 \text{ kN/m}^2$$

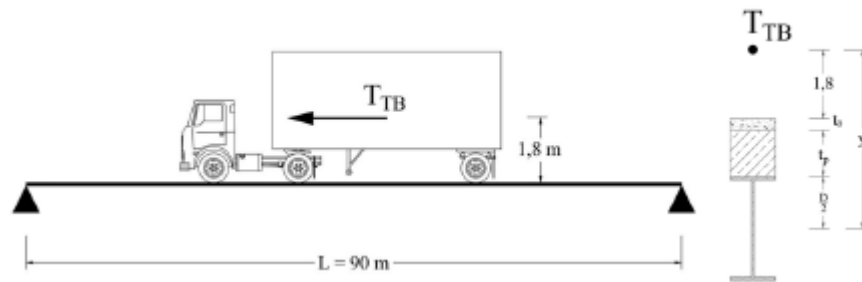
Beban gaya rem 2

$$\begin{aligned} P_{TB2} &= 5\% \times (P_{TT} + Q_{BTR} \times b \times L) \\ &= 5\% \times (500 + 7,5 \times 7 \times 45) \\ &= 143,125 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil nilai terbesar dari kedua perhitungan di atas, yaitu.

$$T_{TB} = 143,125 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 1725 (2016), gaya rem harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal.



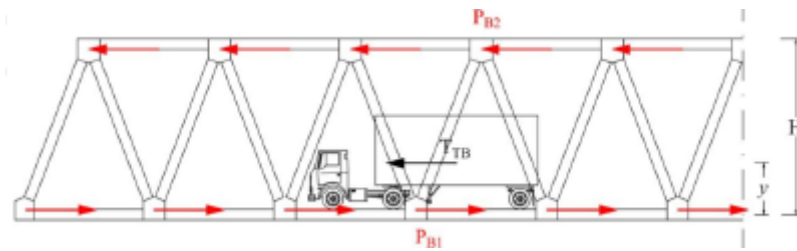
**Gambar 5.5 Beban Gaya Rem**

Agar beban gaya rem dapat bekerja pada titik tengah gelagar memanjang,

$T_{TB}$  dikonversikan menjadi momen dengan jarak lengan  $y$ .

$$\begin{aligned} y &= 1,8 + t_a + t_p + D/2 \\ &= 1,8 + 0,05 + 0,2 + 0,45/2 \\ &= 2,275 \text{ m} \end{aligned}$$

Namun karena pada struktur rangka tidak ada momen yang bekerja, efek momen tersebut ditransformasikan menjadi gaya tarik di titik buhul bawah dan gaya tekan di titik buhul atas seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.6 Beban Gaya Rem**

$$\Sigma M_{B2} = 0$$

$$(P_{B1} \times H)n_{bawah} - T_{TB} \times (H - y) = 0$$

$$P_{B1} = \frac{(T_{TB} \times (H - y))}{H \times n_{bawah}}$$

$$P_{B1} = \frac{(143,125 \times (7 - 2,275))}{7 \times 20}$$

$$P_{B1} = 4,830469 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_{B1} = 0$$

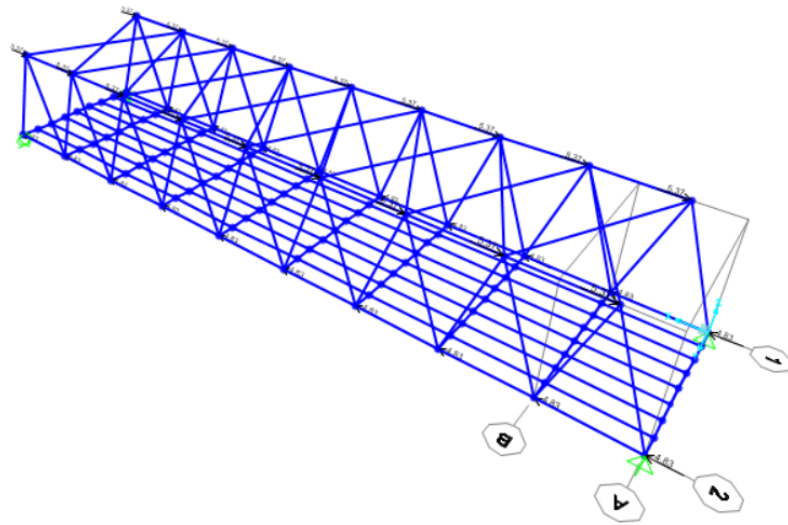
$$(P_{B2} \times H)n_{atas} - T_{TB} \times y = 0$$

$$P_{B2} = \frac{(T_{TB} \times y)}{H \times n_{atas}}$$

$$P_{B2} = \frac{(143,125 \times 2,275)}{7 \times 18}$$

$$P_{B2} = 5,367188 \text{ kN}$$

Pembebanan beban rem dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.7 Pembebanan Beban Rem (TB)**

f. Beban angin (EW)

1) Beban angin struktur ( $EW_s$ )

Mengacu pada SNI 1725-2016, tekanan angin diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar ( $V_B$ ) sebesar 90 hingga 126 km/jam.

Berdasarkan SNI 1725 (2016), Nilai  $V_{10}$  diambil dari:

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang
- Survei angin pada lokasi jembatan, dan,
- Jika tidak ada data yang lebih baik, asumsikan bahwa  $V_{10} = V_B = 90$  sampai 126 km/jam

Kecepatan angin di elevasi 10 m ( $V_{10}$ ) = 100 km/jam

Kecepatan angin rencana di elevasi 10 m ( $V_B$ ) = 100 km/jam

Elevasi struktur dari permukaan tanah ( $Z$ ) = 18 m

Kecepatan gesekan angin di hulu jembatan ( $V_0$ ) = 17,6 km/jam

Panjang gesekan angin di hulu jembatan ( $Z_0$ ) = 1 m

Tekanan angin dasar angin tekan ( $P_{BT}$ ) = 0,0024 MPa

Tekanan angin dasar angin hisap ( $P_{BH}$ ) = 0,0012 MPa

Kecepatan angin rencana di elevasi  $V_{10}$

$$\begin{aligned}
 V_{DZ} &= 2,5 \times V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \times \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right) \\
 &= 2,5 \times 17,6 \left( \frac{100}{100} \right) \times \ln \left( \frac{18}{1} \right) \\
 &= 127,176 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

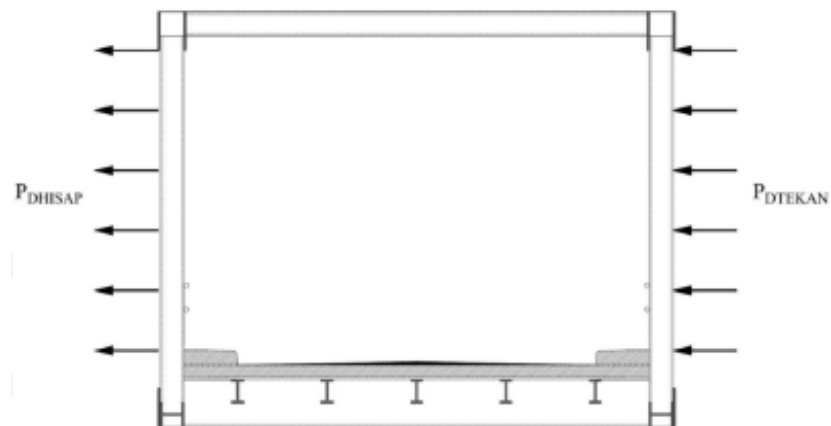
Tekanan angin rencana pada bidang tekan

$$\begin{aligned}
 P_{DT} &= P_{BT} \times \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \\
 &= 0,0024 \times \left( \frac{127,176}{100} \right)^2 \\
 &= 0,00388 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

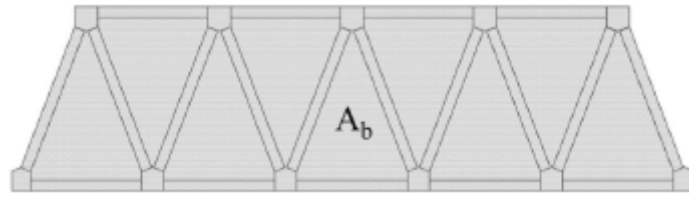
Tekanan angin rencana pada bidang hisap

$$\begin{aligned}
 P_{DH} &= P_{BH} \times \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \\
 &= 0,0012 \times \left( \frac{127,176}{100} \right)^2 \\
 &= 0,00194 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kedua tekanan angin rencana tersebut dikalikan dengan luas penampang rangka yang terkena beban angin untuk mendapatkan beban angin pada masing-masing *joint*.



**Gambar 5.8 Tekanan Angin Rencana Bidang Tekan dan Bidang Hisap**



**Gambar 5.9 Luas Penampang Rangka**

Panjang batang atas ( $l_a$ ) = 40 m  
 Panjang batang bawah ( $l_b$ ) = 45 m  
 Panjang jembatan ( $L$ ) = 45 m  
 = 45000 mm  
 Panjang 1 bentang jembatan ( $l$ ) = 45 m  
 = 45000 mm  
 Tinggi jembatan ( $h$ ) = 7 m  
 Jumlah joint ( $n$ ) = 19 buah

Luas area yang terkena beban angin

$$\begin{aligned}
 A_b &= \left( 30\% \times \frac{l_a + l_b}{2} \times h \right) \\
 &= \left( 30\% \times \frac{40 + 45}{2} \times 7 \right) \\
 &= 89,25 \text{ m}^2 \\
 &= 89250000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Gaya angin horizontal pada bidang tekan

$$\begin{aligned}
 P_{EWT} &= \frac{A_b \times PDT}{l} \\
 &= \frac{89250000 \times 0,00388}{45000} \\
 &= 7,698741 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 1725 (2016) pasal 9.6.1.1 gaya angin horizontal pada bidang tekan tidak boleh diambil kurang dari 4,4 N/mm

7,698741 N/mm > 4,4 N/mm OKE

Nilai beban pada masing-masing joint

$$P_{EWT2} = \frac{P_{EWT} \times L}{n}$$



$$= \frac{7,698741 \times 45000}{19}$$

$$= 18233,86 \text{ N}$$

$$= 18,23386 \text{ kN}$$

Gaya angin horizontal pada bidang hisap

$$P_{EWH} = \frac{Ab \times PDH}{l}$$

$$= \frac{89250000 \times 0,00194}{45000}$$

$$= 3,849371 \text{ N/mm}$$

Menurut SNI 1725 (2016) pasal 9.6.1.1 gaya angin horizontal pada bidang hisap tidak boleh diambil kurang dari 2,2 N/mm

$$3,849371 \text{ N/mm} > 2,2 \text{ N/mm} \quad \text{OKE}$$

Nilai beban pada masing-masing *joint*

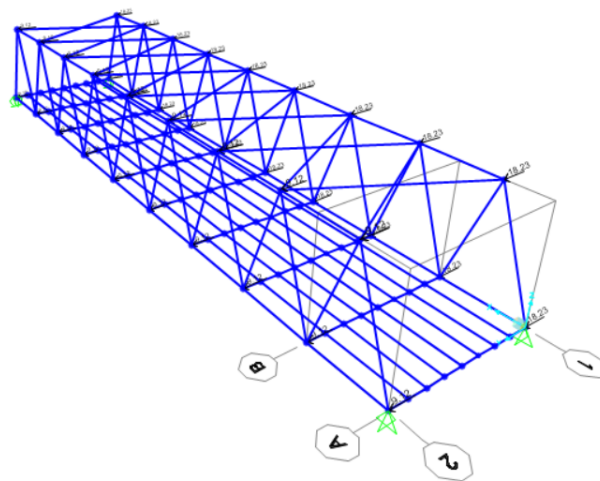
$$P_{EWH2} = \frac{PEWH \times L}{n}$$

$$= \frac{3,849371 \times 45000}{19}$$

$$= 9116,93 \text{ N}$$

$$= 9,11693 \text{ kN}$$

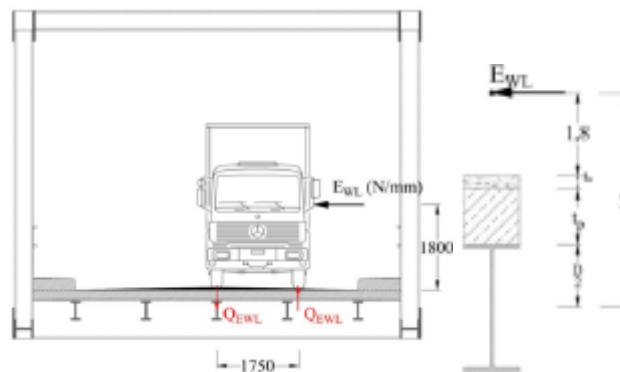
Pembebanan tegangan angin horizontal pada struktur dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.10 Pembebanan Angin pada Struktur (EW<sub>s</sub>)**

## 2) Beban angin kendaraan ( $EW_L$ )

Berdasarkan SNI 1725 (2016), jembatan harus direncanakan untuk dapat memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan. Tekanan tersebut diasumsikan sebagai beban menerus sebesar 1,46 N/mm, diletakkan tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan dengan jarak antar roda kendaraan 1,75 m seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.11 Beban Angin Kendaraan**

Agar beban angin kendaraan dapat bekerja pada titik tengah gelagar memanjang,  $EW_L$  dikonversikan menjadi momen dengan momen dengan jarak lengan  $y$ .

$$\begin{aligned} y &= 1,8 + t_a + t_p + D/2 \\ &= 1,8 + 0,05 + 0,2 + 0,45/2 \\ &= 2,275 \text{ m} \\ &= 2275 \text{ mm} \end{aligned}$$

Namun karena pada struktur rangka tidak ada momen bekerja, efek momen tersebut ditransformasikan menjadi beban merata  $Q_{RWL}$  seperti pada perhitungan di bawah ini.

$$\begin{aligned} \Sigma M &= 0 \\ EW_L \times y &= 2Q_{EWL} \times \frac{1750}{2} \\ Q_{EWL} &= \frac{EW_L \times y}{1750} \end{aligned}$$

$$= \frac{1,46 \times 2275}{1750}$$

$$= 1,898 \text{ N/mm}$$

Nilai beban angin kendaraan pada masing-masing *joint* gelagar memanjang

$$\text{Panjang jembatan (L)} = 45 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah } joint \text{ (n)} = 70 \text{ buah}$$

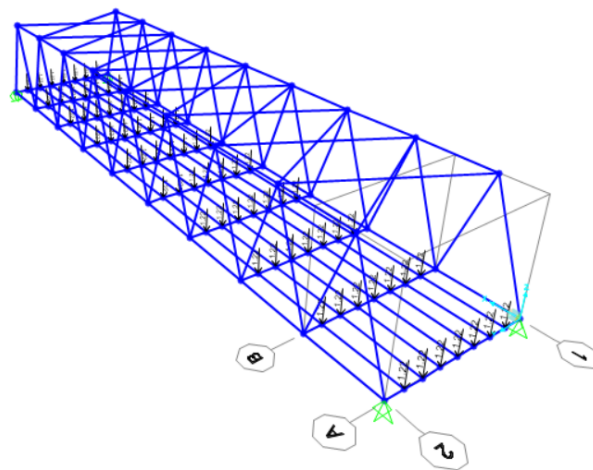
$$P_{EWL} = \frac{QEWL \times L}{n}$$

$$= \frac{1,898 \times 45000}{70}$$

$$= 1220,143 \text{ N}$$

$$= 1,220143 \text{ kN}$$

Pembebanan untuk beban angin kendaraan diletakkan pada masing-masing *joint* gelagar memanjang sebagai beban titik seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 5.12 Pembebanan Angin Kendaraan ( $EW_L$ )**

g. Beban gempa (EQ)

Berdasarkan SNI 2833 (2016) tentang pembebanan jembatan terhadap gempa, disebutkan pasal 6.2 bahwa analisis gempa tidak diperlukan untuk jembatan bentang tunggal di semua zona gempa. Namun demikian, hubungan struktur atas jembatan dan kepala jembatan harus direncanakan

dengan gaya rencana sesuai dengan pasal 5.9. Akan tetapi pada penelitian ini beban gempa tetap dimasukkan, secara statis dengan mengambil nilai 10% berat jembatan.

1) Berat Sendiri

Faktor beban ultimit (KMS)	= 1,3
Lebar jembatan (b)	= 9,6 m
Tebal slab lantai jembatan (h=ts)	= 0,2 m
Panjang bentang (p)	= 45 m
Berat beton bertulang (Wc)	= 24 kN/m <sup>3</sup>

Berat sendiri (QMS)

$$QMS = b \times p \times h \times Wc$$

$$QMS = 9,6 \times 45 \times 0,2 \times 24$$

$$QMS = 2073,6 \text{ kN}$$

2) Beban Mati Tambahan

Faktor beban ultimit (KMA) = 2

a) Lapisan aspal + overlay

Tebal (h=ts)	= 0,1 m
Berat (Wc)	= 22 kN/m <sup>3</sup>
Panjang (p)	= 45 m
Lebar (b)	= 7,2 m

Berat mati tambahan pelat (QMA):

$$QMA_{aspal} = b \times p \times h \times Wc$$

$$QMA_{aspal} = 7,2 \times 45 \times 0,1 \times 22$$

$$QMA_{aspal} = 712,8 \text{ kN}$$

b) Air hujan

Tebal (h=ts)	= 0,05 m
Berat (Wc)	= 10 kN/m <sup>3</sup>
Panjang (p)	= 45 m
Lebar (b)	= 9,6 m

Berat mati tambahan pelat (QMA) :

$$QMA_{air\ hujan} = b \times p \times h \times Wc$$

$$QMA_{air\ hujan} = 9,6 \times 45 \times 0,05 \times 10$$

$$QMA_{air\ hujan} = 216 \text{ kN}$$

c) Pejalan kaki

$$\text{Tebal (h=ts)} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Berat (Wc)} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Panjang (p)} = 45 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (b)} = 2 \text{ m}$$

Berat mati tambahan pelat (QMA) :

$$QMA_{pejalan\ kaki} = b \times p \times h \times Wc$$

$$QMA_{pejalan\ kaki} = 2 \times 45 \times 0,25 \times 24$$

$$QMA_{pejalan\ kaki} = 540 \text{ kN}$$

d) Total beban mati tambahan:

$$QMA_{total} = QMA_{aspal} + QMA_{air\ hujan} + QMA_{pejalan\ kaki}$$

$$QMA_{total} = 712,8 + 216 + 540$$

$$QMA_{total} = 1468,8 \text{ kN}$$

Total beban gempa (EQ)

$$EQ = QMS + QMA$$

$$= 2073,6 + 1468,8$$

$$= 3542,4 \text{ kN}$$

Beban gempa 10 persen =  $EQ \times 10\%$

$$= 3542,4 \times 10\%$$

$$= 354,24 \text{ kN}$$

dibagi sebanyak join di lantai jembatan

n : 90

$$\begin{aligned}
 \text{maka beban di setiap join} &= \frac{EQ_{10\%}}{90} \\
 &= \frac{354,24}{90} \\
 &= 3,936 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## 2. Kombinasi Pembebanan

Dari perhitungan pembebanan di atas kemudian dilakukan analisis menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan gaya-gaya dalam pada masing-masing elemen struktur. Adapun proses analisis dilakukan menggunakan kombinasi beban yang telah ditentukan pada SNI 1725 (2016) sebagai berikut.

$$\text{Kuat I} = 1,3 \text{ MS} + 1,3 \text{ MA} + 1,8 \text{ TD} + 1,8 \text{ TB} + 1,8 \text{ TP}$$

$$\text{Kuat II} = 1,3 \text{ MS} + 1,3 \text{ MA} + 1,4 \text{ TD} + 1,4 \text{ TB} + 1,4 \text{ TP}$$

$$\text{Kuat III} = 1,3 \text{ MS} + 1,3 \text{ MA} + 1,4 \text{ EWs}$$

$$\text{Kuat IV} = 1,3 \text{ MS} + 1,3 \text{ MA}$$

$$\text{Kuat V} = 1,3 \text{ MS} + 1,3 \text{ MA} + 0,4 \text{ EWs} + \text{EWL}$$

$$\text{Ekstrem I} = 1,3 \text{ MS} + 1,3 \text{ MA} + \gamma \text{EQ}$$

$$\text{Ekstrem II} = 1,3 \text{ MS} + 1,3 \text{ MA} + 0,5 \text{ TD} + 0,5 \text{ TB} + 0,5 \text{ TP}$$

$$\text{Daya layan I} = \text{MS} + \text{MA} + \text{TD} + \text{TB} + \text{TP} + 0,3 \text{ EWs} + \text{EWL}$$

$$\text{Daya layan II} = \text{MS} + \text{MA} + 1,3 \text{ TD} + 1,3 \text{ TB} + 1,3 \text{ TP}$$

$$\text{Daya layan III} = \text{MS} + \text{MA} + 0,8 \text{ TD} + 0,8 \text{ TB} + 0,8 \text{ TP}$$

$$\text{Daya layan IV} = \text{MS} + \text{MA} + 0,7 \text{ EWs}$$

Hasil analisis struktur menggunakan SAP2000 berdasarkan kombinasi beban yang dilakukan, dapat dilihat pada tabel 5.1 rekapitulasi berikut.

**Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Analisis SAP2000**

No	Kombinasi Beban	Besar Gaya Akibat Kombinasi Beban (kN)	Elemen
1	Kuat 1	685,732	Bottom chord
		-688,692	Upper chord
2	Kuat 2	626,412	Bottom chord
		-627,541	Upper chord
3	Kuat 3	3227,066	Bottom chord
		-3398,151	Bottom chord
4	Kuat 4	418,790	Bottom chord
		-413,514	Upper chord
5	Kuat 5	1128,287	Bottom chord
		-820,730	Bottom chord
6	Daya Layan 1	982,908	Bottom chord
		-591,651	Upper chord
7	Daya Layan 2	514,938	Bottom chord
		-516,827	Upper chord
8	Daya Layan 3	440,787	Bottom chord
		-440,389	Upper chord
9	Daya Layan 4	1636,644	Bottom chord
		-1675,965	Bottom chord
10	Ekstrem 1	595,206	Bottom chord
		-594,505	Upper chord
11	Ekstrem 2	492,941	Bottom chord
		-489,952	Upper chord

## 5.2 Perhitungan Kapasitas Struktur

Kapasitas struktur dihitung berdasarkan SNI T-03 2005. Gaya-gaya yang terjadi pada elemen-elemen struktur rangka adalah tarik dan tekan. Struktur rangka yang dihitung kapasitasnya berupa rangka atas, rangka bawah, batang diagonal, dan ikatan angin.

## 1. Batang atas (upper chord)

Data bahan untuk profil H400:

Mutu baja	= BJ 41
Tegangan leleh ( $f_y$ )	= 250 MPa
Tegangan tarik putus ( $f_u$ )	= 410 MPa
Modulus elastisitas baja (E)	= 200000 MPa

Data profil baja:

Tinggi (d)	= 400 mm
Lebar (bf)	= 400 mm
Tebal badan (tw)	= 13 mm
Tebal sayap (tf)	= 21 mm
Berat (q)	= 172 kg/m
Jari-jari sudut (r)	= 22 mm
Inersia x ( $I_x$ )	= 66600 cm <sup>4</sup>
Inersia y ( $I_y$ )	= 22400 cm <sup>4</sup>
Radius girasi x ( $r_x$ )	= 174,545 mm
Radius girasi y ( $r_y$ )	= 102,196 mm
Modulus plastis x ( $Z_x$ )	= 3330 cm <sup>3</sup>
Modulus plastis y ( $Z_y$ )	= 1120 cm <sup>3</sup>
Panjang batang (L)	= 5000 mm

## a. Batang tekan

## 1) Cek kelangsingan sayap

$$\frac{b_f/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{b_f/2}{t_f} = \frac{\left(\frac{400}{2}\right)}{21}$$

$$= 9,524 \text{ mm}$$

$$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}}$$

$$= 15,811 \text{ mm}$$



Syarat:

$$\frac{b_f/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$9,524 \leq 15,811 \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

2) Cek kelangsingan badan

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{(400-2 \times 21)}{13}$$

$$= 27,538 \text{ mm}$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$= 42,058 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$27,538 \leq 42,058 \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

3) Kuat tekan nominal arah sumbu x

$$L_k = k_c L$$

$$L_k = 1 \times 5000$$

$$L_k = 5000$$

$$\lambda_{cx} = \frac{L_k}{r_x \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_{cx} = \frac{5000}{174,525 \times \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$\lambda_{cx} = 0,322$$

Untuk:

$$\lambda_c \leq 1,50 \text{ maka } N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g f_y$$

$$N_n = (0,66^{0,322^2}) 21454 \times 250$$

$$N_n = 5136812,344 \text{ N}$$

Sehingga,

$$N_n = 5136812,344$$

$$\theta_n = 0,85$$

$$\theta \cdot N_n = 0,85 \times 5136812,344$$

$$= 4366290,492 \text{ N}$$

$$= 4366,290 \text{ kN}$$

4) Kuat tekan nominal arah sumbu y

$$L_k = k_c L$$

$$L_k = 1 \times 5000$$

$$L_k = 5000$$

$$\lambda_{cy} = \frac{L_k}{r_y \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{5000}{102,196 \times \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$\lambda_{cy} = 0,551$$

Untuk:

$$\lambda_c \leq 1,50 \text{ maka } N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g f_y$$

$$N_n = (0,66^{0,551^2}) 21454 \times 250$$

$$N_n = 4728678,266 \text{ N}$$

Sehingga,

$$N_n = 4728678,266 \text{ N}$$

$$\theta_n = 0,85$$

$$\theta \cdot N_n = 0,85 \times 4728678,266$$

$$= 4019376,526 \text{ N}$$

$$= 4019,377 \text{ kN}$$

5) Kuat tekan nominal

Berdasarkan hasil perhitungan poin 3) dan 4) kuat tarik nominal diambil yang lebih kritis. Maka  $\phi P_n = 4019,377 \text{ kN}$

6) Cek keamanan profil

$$\phi P_n > P_u$$

$$4019,377 \text{ kN} > 978,057 \text{ kN (AMAN)}$$

2. Batang bawah (*bottom chord*)

Data bahan untuk profil H400:

$$\text{Mutu baja} = \text{BJ 41}$$

$$\text{Tegangan leleh (fy)} = 250 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan tarik putus (fu)} = 410 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas baja (E)} = 200000 \text{ MPa}$$

Data profil baja:

$$\text{Tinggi profil (d)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar sayap (bf)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal badan (tw)} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal sayap (tf)} = 21 \text{ mm}$$

$$\text{Luas profil (Ag)} = 21454 \text{ mm}^2$$

a. Batang tarik

## 1) Kuat Tarik Nominal Berdasarkan Kelelahan

$$\begin{aligned}
 Nn &= Ag \cdot fy \\
 &= 21454 \times 250 \\
 &= 5363500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\theta = 0,9$$

$$\begin{aligned}
 \theta \cdot Nn &= 0,9 \times 5363500 \\
 &= 4827150 \text{ N} \\
 &= 4827,150 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## 2) Kuat Tarik Nominal Berdasarkan Fraktur

$$An = 0,85$$

$$\begin{aligned}
 Aet &= An \cdot Ag \\
 &= 0,85 \times 21454 \\
 &= 18235,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Nn &= Aet \cdot fu \\
 &= 18235,9 \times 410 \\
 &= 7476719 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\theta = 0,9$$

$$\begin{aligned}
 \theta \cdot Nn &= 0,9 \times 7476719 \\
 &= 6729047,1 \text{ N} \\
 &= 6729,0471 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## 3) Kuat tarik nominal

Berdasarkan hasil perhitungan poin 1) dan 2) kuat tarik nominal diambil yang lebih kritis. Maka  $\phi Pn = 4827,150 \text{ kN}$

## 4) Cek keamanan profil

$$\phi Pn > Pu$$

$$4827,150 \text{ kN} > 539,974 \text{ kN (AMAN)}$$

### 3. Batang diagonal (*diagonal chord*)

Beban aksial mengakibatkan adanya batang tekan dan batang tarik sehingga perlu dihitung untuk kedua batang tersebut.

#### a. Batang tekan

Data bahan untuk profil H350:

Mutu baja	= BJ 41
Tegangan leleh ( $f_y$ )	= 250 MPa
Tegangan tarik putus ( $f_u$ )	= 410 MPa
Modulus elastisitas baja ( $E$ )	= 200000 MPa

Data profil:

Tinggi ( $d$ )	= 350 mm
Lebar ( $b_f$ )	= 350 mm
Tebal badan ( $t_w$ )	= 12 mm
Tebal sayap ( $t_f$ )	= 19 mm
Berat ( $q$ )	= 137 kg/m
Jari-jari sudut ( $r$ )	= 20 mm
Inersia x ( $I_x$ )	= 40300 cm <sup>4</sup>
Inersia y ( $I_y$ )	= 13600 cm <sup>4</sup>
Radius girasi x ( $r_x$ )	= 152,246 mm
Radius girasi y ( $r_y$ )	= 89,267 mm
Modulus plastis x ( $Z_x$ )	= 2300 cm <sup>3</sup>
Modulus plastis y ( $Z_y$ )	= 776 cm <sup>3</sup>
Panjang batang ( $L$ )	= 5000 mm

#### 1) Cek kelangsingan sayap

$$\frac{b_f/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{b_f/2}{t_f} = \frac{350/2}{19}$$

$$\frac{b_f/2}{t_f} = 9,211 \text{ mm}$$

$$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}}$$

$$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = 15,811 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{b_f/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$9,211 \leq 15,811 \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

## 2) Cek kelangsingan badan

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{350-2 \times 19}{12}$$

$$\frac{h}{t_w} = 26 \text{ mm}$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = 42,058 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$26 \leq 42,058 \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

## 3) Kuat tekan nominal arah sumbu x

$$L_k = k_c L$$

$$L_k = 1 \times 5000$$

$$L_k = 5000$$

$$\lambda_{cx} = \frac{L_k}{r_x \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_{cx} = \frac{5000}{152,246 \times \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$\lambda_{cx} = 0,370$$

Untuk:

$$\lambda_c \leq 1,50 \text{ maka } N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g f_y$$

$$N_n = (0,66^{0,370^2}) 17044 \times 250$$

$$N_n = 4025880,589 \text{ N}$$

Sehingga,

$$N_n = 4025880,589 \text{ N}$$

$$\theta_n = 0,85$$

$$\theta \cdot N_n = 0,85 \times 4025880,589$$

$$= 3421998,5 \text{ N}$$

$$= 3421,999 \text{ kN}$$

4) Kuat tekan nominal arah sumbu y

$$L_k = k_c L$$

$$L_k = 1 \times 5000$$

$$L_k = 5000$$

$$\lambda_{cy} = \frac{L_k}{r_y \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{5000}{89,267 \times \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$\lambda_{cy} = 0,630$$

Untuk:

$$\lambda_c \leq 1,50 \text{ maka } N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g f_y$$

$$N_n = (0,66^{0,630^2}) 17044 \times 250$$

$$N_n = 3612497,699 \text{ N}$$

Sehingga,

$$N_n = 3612497,699 \text{ N}$$

$$\theta_n = 0,85$$

$$\theta \cdot N_n = 0,85 \times 3612497,699$$

$$= 3070623,044 \text{ N}$$

$$= 3070,623 \text{ kN}$$

5) Kuat tekan nominal

Berdasarkan hasil perhitungan poin 3) dan 4) kuat tarik nominal diambil yang lebih kritis. Maka  $\phi P_n = 3070,623 \text{ kN}$

6) Cek keamanan profil

$$\phi P_n > P_u$$

$$3070,623 \text{ kN} > 866,348 \text{ kN (AMAN)}$$

b. Batang tarik

1) Kuat Tarik Nominal Berdasarkan Kelelahan

$$N_n = A_g \cdot f_y$$

$$N_n = 17044 \times 250$$

$$N_n = 4261000 \text{ N}$$

$$\theta = 0,9$$

$$\theta \cdot N_n = 0,9 \times 4261000$$

$$= 3834900 \text{ N}$$

$$= 3834,9 \text{ kN}$$



## 2) Kuat Tarik Nominal Berdasarkan Fraktur

$$A_n = 0,85$$

$$A_{et} = A_n \cdot A_g$$

$$A_{et} = 0,85 \cdot 17044$$

$$A_{et} = 14487,4$$

$$N_n = A_{et} \cdot f_u$$

$$N_n = 14487,4 \times 410$$

$$N_n = 5939834 \text{ N}$$

$$\theta = 0,85$$

$$\theta \cdot N_n = 0,85 \times 5939834$$

$$\theta \cdot N_n = 5048858,9 \text{ N}$$

$$= 5048,8589 \text{ kN}$$

## 3) Kuat tarik nominal

Berdasarkan hasil perhitungan poin 1) dan 2) kuat tarik nominal diambil yang lebih kritis. Maka  $\phi P_n = 3834,9 \text{ kN}$

## 4) Cek keamanan profil

$$\phi P_n > P_u$$

$$3834,9 \text{ kN} > 842,923 \text{ kN (AMAN)}$$

## 4. Ikatan angin

Data bahan untuk profil H100:

$$\text{Tinggi (h)} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal badan (tw)} = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal sayap (tf)} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Berat (q)} = 17,2 \text{ kg/m}$$

Jari-jari sudut (r)	= 10 mm
Inersia x (Ix)	= 383 cm <sup>4</sup>
Inersia y (Iy)	= 134 cm <sup>4</sup>
Radius girasi x (rx)	= 41,881 mm
Radius girasi y (ry)	= 25,188 mm
Modulus plastis x (Zx)	= 76,5 cm <sup>3</sup>
Modulus plastis y (Zy)	= 26,7 cm <sup>3</sup>
Panjang batang (L)	= 5000 mm

a. Batang tekan

1) Cek kelangsingan sayap

$$\frac{b_f/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{b_f/2}{t_f} = \frac{100/2}{8}$$

$$\frac{b_f/2}{t_f} = 6,250 \text{ mm}$$

$$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}}$$

$$\frac{250}{\sqrt{f_y}} = 15,811 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{b_f/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$6,250 \leq 15,811 \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

2) Cek kelangsingan badan

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{100-2 \times 8}{6}$$

$$\frac{h}{t_w} = 14 \text{ mm}$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = 42,058 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

$$14 \leq 42,058 \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

3) Kuat tekan nominal arah sumbu x

$$L_k = k L_c$$

$$L_k = 1 \times 5000$$

$$L_k = 5000$$

$$\lambda_{cx} = \frac{L_k}{r_x \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_{cx} = \frac{5000}{41,881 \times \pi} \sqrt{\frac{250}{20000}}$$

$$\lambda_{cx} = 1,344$$

Untuk:

$$\lambda_c \leq 1,50 \text{ maka } N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g f_y$$

$$N_n = (0,66^{1,344^2}) 2104 \times 250$$

$$N_n = 248448,315 \text{ N}$$

$$\lambda_c \geq 1,50 \text{ maka } N_n = \left( \frac{0,88}{\lambda_c^2} \right) A_g f_y$$

$$N_n = \left( \frac{0,88}{1,344^2} \right) 2104 \times 250$$

$$N_n = 256422,357 \text{ N}$$

Sehingga,

$$N_n = 248448,315 \text{ N}$$

$$\theta_n = 0,85$$

$$\theta \cdot N_n = 0,85 \times 248448,315$$

$$= 211181,0675 \text{ N}$$

$$= 211,181 \text{ kN}$$

4) Kuat tekan nominal arah sumbu y

$$L_k = k_c L$$

$$L_k = 1 \times 5000$$

$$L_k = 5000$$

$$\lambda_{cy} = \frac{L_k}{r_y \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{5000}{25,188 \times \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$\lambda_{cy} = 2,234$$

Untuk:

$$\lambda_c \geq 1,50 \text{ maka } N_n = \left( \frac{0,88}{\lambda_c^2} \right) A_g f_y$$

$$N_n = \left( \frac{0,88}{2,234^2} \right) 2104 \times 250$$

$$N_n = 92747,743 \text{ N}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 N_n &= 92747,743 \text{ N} \\
 \theta_n &= 0,85 \\
 \theta \cdot N_n &= 0,85 \times 92747,743 \\
 &= 78835,58193 \text{ N} \\
 &= 78,836 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5) Kuat tekan nominal

Berdasarkan hasil perhitungan poin 3) dan 4) kuat tarik nominal diambil yang lebih kritis. Maka  $\phi P_n = 78,836 \text{ kN}$

6) Cek keamanan profil

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &> P_u \\
 78,836 \text{ kN} &> 19,94 \text{ kN (AMAN)}
 \end{aligned}$$

b. Batang tarik

1) Kuat Tarik Nominal Berdasarkan Kelelahan

$$\begin{aligned}
 N_n &= A_g \cdot f_y \\
 N_n &= 2104 \times 250 \\
 N_n &= 526000 \text{ N} \\
 \theta &= 0,9 \\
 \theta \cdot N_n &= 0,9 \times 526000 \\
 &= 473400 \text{ N} \\
 &= 473,400 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) Kuat Tarik Nominal Berdasarkan Fraktur

$$\begin{aligned}
 A_n &= 0,85 \\
 A_{et} &= A_n \cdot A_g \\
 A_{et} &= 0,85 \times 2104 \\
 A_{et} &= 1788,4
 \end{aligned}$$

$$Nn = Aet. fu$$

$$Nn = 1788,4 \times 410$$

$$Nn = 733244 \text{ N}$$

$$\theta = 0,9$$

$$\theta. Nn = 0,9 \times 733244$$

$$= 659919,6 \text{ N}$$

$$= 659,9196 \text{ kN}$$

### 3) Kuat tarik nominal

Berdasarkan hasil perhitungan poin 1) dan 2) kuat tarik nominal diambil yang lebih kritis. Maka  $\phi Pn = 473,400 \text{ kN}$

### 4) Cek keamanan profil

$$\phi Pn > Pu$$

$$473,400 \text{ kN} > 21,2 \text{ kN (AMAN)}$$

## 5.3 Perhitungan DCR

Dari hasil pemodelan SAP2000 didapatkan nilai P ultimit ( $P_u$ ) pada struktur atas jembatan. Setelah dilakukan analisis kapasitas, didapatkan P nominal ( $P_n$ ) untuk masing masing profil baja yang digunakan. *Demand capacity ratio* (DCR) pada struktur atas jembatan rangka kelas A Bina Marga dengan bentang 45 meter dihitung berdasarkan nilai  $P_u$  sebagai *demand* dan  $P_n$  sebagai *capacity*.

Berikut adalah contoh perhitungan DCR pada profil H100 (misalnya) sebagai ikatan angin.

$$P_{ultimit} : 89,60 \text{ kN}$$

$$P_{nominal} : 473,400 \text{ kN}$$

$$\text{DCR} = P_u/P_n$$

$$= 89,60 / 473,400$$

$$= 0,189$$

Nilai DCR yang didapat pada profil H100 sebagai ikatan angin kurang dari 1. Hal ini berarti profil tersebut mempunyai kapasitas yang mampu menahan beban sehingga dinyatakan aman digunakan. Berikut contoh rekapitulasi DCR pada tabel 5.2

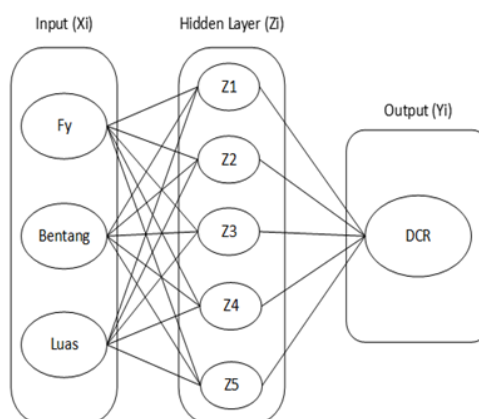
**Tabel 5.2 Contoh Rekapitulasi DCR**

No	Fu	Bentang	Profil Nama	Pu	Pn	DCR	Jenis Elemen	Ket
1	410	45	H100	89,60	473,40	0,189	Ikatan Angin	Aman
2	410	45	H250	283,81	2024,55	0,140	Diagonal Chord	Aman
3	410	45	H300	483,44	2632,50	0,184	Bottom Chord	Aman
4	410	45	IWF350-175	562,74	1382,85	0,407	Upper Chord	Aman
5	410	45	IWF400-200	577,36	1843,20	0,313	Diagonal Chord	Aman
6	410	45	H350	2104,22	3834,90	0,549	Bottom Chord	Aman
7	410	45	IWF346-174	525,83	1147,50	0,458	Upper Chord	Aman
8	410	45	IWF700-300	472,80	5147,10	0,092	Upper Chord	Aman
9	410	45	IWF800-300	744,46	5866,20	0,127	Diagonal Chord	Aman
10	410	45	IWF900-300	2291,21	6818,40	0,336	Bottom Chord	Aman
dan seterusnya								

## 5.4 Pendekatan ANN

### 5.3.1 Prediksi Nilai DCR

#### 1. Arsitektural ANN



**Gambar 5.13 Arsitektural ANN**

Berdasarkan gambar 5.13 digunakan data input yaitu fu, bentang, dan luas profil. Data input tersebut diambil karena tegangan leleh terdapat 5 varian dari mutu baja, untuk bentang karena jembatan yang didesain memiliki 3 bentang yaitu A45, A50, dan A55. Sedangkan untuk luas profil karena diambil dari profil baja yang dikeluarkan oleh PT. Gunung Garuda, dimana profil tersebut digunakan dalam pemodelan jembatan pada penelitian ini.

Transformasi yang digunakan dalam model ANN dalam skala nol (0) sampai satu (1). Tujuannya untuk menghindari data yang terlalu dominan. Setelah transformasi selesai, data dibagi untuk dua buah proses, yaitu training dan testing. Dalam menentukan jumlah data, untuk training process ANN menggunakan 0,8 atau 80% data log dan testing process 0,2 atau 20% data log random. Hal ini mengindikasikan bahwa data log dibagi menjadi dua sub yaitu 80% untuk training dan 20% untuk testing secara acak.

Arsitektural ANN menggunakan 4 hidden layer. Hidden layer 1 berisikan 2 neuron, layer 2 berisikan 3 neuron, layer 3 berisikan 8 neuron, layer 4 berisikan 7 neuron, dan activation key berupa tanh. Jumlah hidden layer dan jumlah neuron dalam setiap layer dapat memberikan indikasi tentang kompleksitas jaringan yang digunakan dalam ANN activation key atau fungsi aktivasi untuk menentukan bagaimana nilai input akan diubah menjadi keluaran pada setiap neuron

**Tabel 5.3 Rekapitulasi Arsitektural ANN Masing Masing Bentang**

Bentang	Jumlah Data Total	Data (Training) %	Data (Testing) %	Hidden Layer dan Node	Activation Key
45	105	80	20	2,3,7,8	tanh
50	79	80	20	2,6,7,9,6	tanh
55	83	80	20	2,4,7,8	tanh



## 2. Data input dan Output

Data input yang dimaksud adalah nilai target yang hendak dicapai oleh prediksi nilai DCR menggunakan pendekatan ANN, sedangkan data output adalah nilai DCR hasil prediksi oleh pendekatan ANN. Tabel 5.3 berikut merupakan contoh perbandingan data input (target) yang didapatkan dari analisis manual dengan hasil prediksi ANN (output) pada masing masing proses.

**Tabel 5.4 Contoh Rekapitulasi DCR Untuk Masing Masing Bentang**

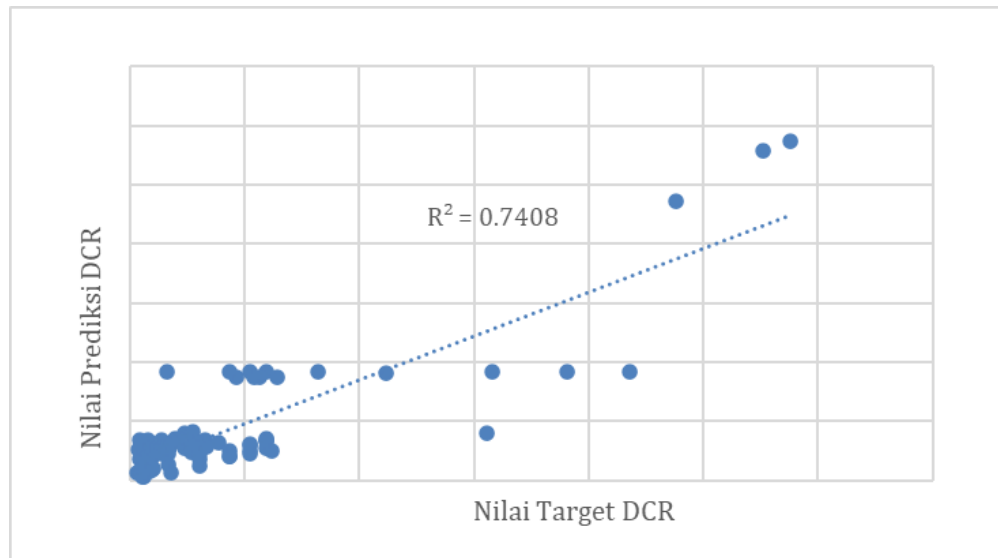
Nilai DCR 45				Nilai DCR 50				Nilai DCR 55			
Proses Training		Proses Testing		Proses Training		Proses Testing		Proses Training		Proses Testing	
Target	Output	Target	Output	Target	Output	Target	Output	Target	Output	Target	Output
6.10E-01	2.40E-01	8.62E-01	4.07E-01	1.36E-01	2.43E-01	1.36E-01	2.43E-01	7.65E-01	7.93E-01	7.65E-01	7.93E-01
7.92E-02	1.33E-01	1.40E-01	5.08E-01	3.22E-01	3.37E-01	3.22E-01	3.37E-01	1.64E-01	1.78E-01	1.64E-01	1.78E-01
1.21E-01	4.21E-01	4.58E-01	7.83E-01	2.66E-01	2.76E-01	2.66E-01	2.76E-01	3.26E-01	2.52E-01	3.26E-01	2.52E-01
4.73E-01	5.46E-01	3.73E-01	6.05E-01	1.28E-01	2.29E-01	1.28E-01	2.29E-01	2.42E-01	2.92E-01	2.42E-01	2.92E-01
9.32E-01	1.74E+00	4.07E-01	6.56E-01	1.88E-01	2.52E-01	1.88E-01	2.52E-01	3.92E-01	4.84E-01	3.92E-01	4.84E-01
2.05E-01	2.02E-01	3.13E-01	5.40E-01	1.88E-01	2.70E-01	1.88E-01	2.70E-01	2.03E-01	2.91E-01	2.03E-01	2.91E-01
5.60E-02	1.33E-01	1.58E-01	3.81E-01	1.64E-01	1.96E-01	1.64E-01	1.96E-01	2.31E-01	2.13E-01	2.31E-01	2.13E-01
4.76E+00	4.72E+00	7.74E-02	2.85E-02	9.60E-02	2.61E-01	9.60E-02	2.61E-01	8.68E-02	2.40E-01	8.68E-02	2.40E-01
1.84E-01	4.45E-01	1.32E-01	1.89E-01	2.30E-01	2.40E-01	2.30E-01	2.40E-01	2.12E-01	2.65E-01	2.12E-01	2.65E-01
3.26E-01	5.78E-01	3.37E+00	3.97E+00	1.04E-01	1.88E-01	1.04E-01	1.88E-01	3.60E-01	2.81E-01	3.60E-01	2.81E-01
dan seterusnya											

### 5.3.2 Perhitungan Parameter

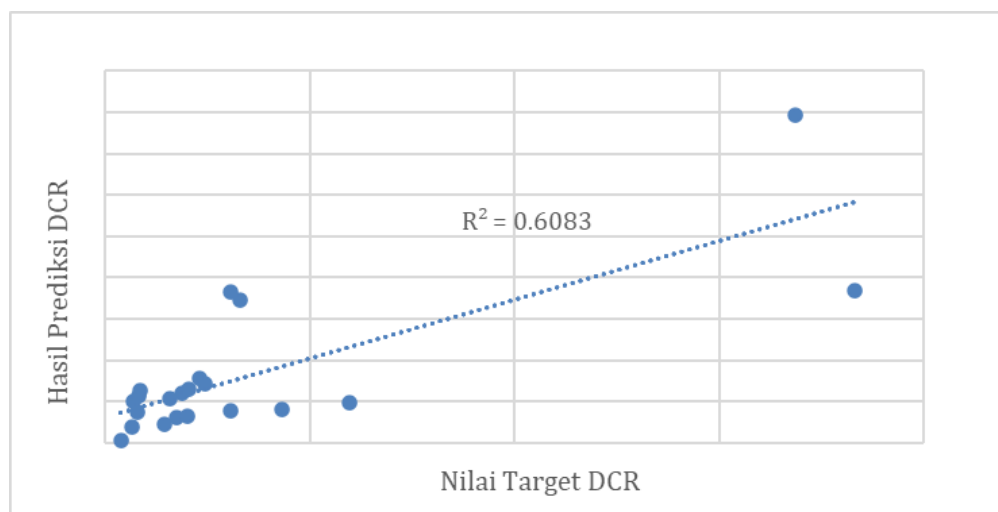
#### 1. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) didapatkan dari olah data regresi. Untuk bentang 45 meter, pada proses training nilai  $R^2$  didapatkan sebesar 0,741, sedangkan

pada proses testing nilai  $R^2$  didapatkan sebesar 0,608. Grafik regresi dapat dilihat pada gambar 5.14 dan gambar 5.15 sebagai berikut.



**Gambar 5.14 Korelasi Target dan Output Proses Training**



**Gambar 5.15 Korelasi Target dan Output Proses Testing**

Menurut Moore dkk (2013) nilai  $R^2$  lebih dari 0,7 menunjukkan linieritasnya kuat. Sedangkan jika nilai  $R^2$  diantara 0,5 dan 0,7 dikatakan linieritasnya sedang. Hasil penelitian pada bentang 45 meter ini, hasil regresi proses training masuk ke dalam kategori kuat tetapi hasil regresi proses testing

masuk ke dalam kategori sedang. Hal ini berarti proses training linieritasnya lebih baik dari pada proses testing.

Untuk bentang 50 meter dan 55 meter koefisien determinasi disajikan dalam tabel 5.5 dan tabel 5.6 sebagai berikut.

**Tabel 5.5 Nilai Koefisien Determinasi Proses Training**

Tabel Nilai Koefisien Determinasi		
Bentang	R <sup>2</sup>	Kategori Pada Proses Training
45	0,741	Kuat
50	0,905	Kuat
55	0,812	Kuat

**Tabel 5.6 Nilai Koefisien Determinasi Proses Testing**

Tabel Nilai Koefisien Determinasi		
Bentang	R <sup>2</sup>	Kategori Pada Proses Testing
45	0,608	Sedang
50	0,704	Kuat
55	0,781	Kuat

Hasil koefisien determinasi pada semua proses training lebih besar daripada proses testing. Hal ini berarti linearitas data lebih baik saat proses training. Bisa jadi disebabkan jumlah data yang digunakan berbeda, karena dilakukan secara acak oleh ANN. Akan tetapi, biarpun proses training lebih baik daripada proses testing, kecuali bentang 45 pada proses training, semua bentang mendapatkan kategori linearitas yang kuat. Untuk bentang 45, kategori didapatkan adalah sedang, hal ini dapat diperbaiki dengan memperbanyak data ataupun mengubah arsitektural ANN yang digunakan.

## 2. RMSE

Parameter yang diukur selanjutnya adalah nilai RMSE. Nilai RMSE dapat diperoleh langsung dari skrip pendekatan ANN. Untuk bentang 45 meter, pada proses training nilai RMSE didapatkan sebesar 0,598 dan mempunyai selisih 0,02 lebih besar daripada proses testing. Hal ini mengindikasikan tidak terjadinya *overfitting*. *Overfitting* adalah kondisi dimana data terlalu fit (sesuai) pada proses training, sehingga ketika dilakukan testing justru data tidak fit (sesuai). Salah satu indikasi yang dapat dilihat adalah nilai parameter yang didapatkan hanya baik ketika proses training, tetapi tidak baik ketika proses testing. Perbedaan nilai kedua proses besar. Untuk bentang 50 dan 55 meter nilai RMSE disajikan dalam tabel 5.7 berikut.

**Tabel 5.7 Rekapitulasi RMSE Bentang 45 50 55**

Bentang	Nilai RMSE		Keterangan
	Training Data	Testing Data	
45	0,598	0,613	Tidak <i>overfitting</i>
50	0,075	0,069	Tidak <i>overfitting</i>
55	0,111	0,079	Tidak <i>overfitting</i>

Pada bentang 45 dan 50, besar nilai RMSE antara proses training dan testing tidak jauh berbeda, hal ini berarti tidak terjadi *overfitting*. Hasil yang berbeda didapatkan dari bentang 55. Selisih nilai RMSE antara training dan testing sebesar 0,032. Nilai ini cukup besar jika dibandingkan dengan dua bentang lainnya. Tetapi RMSE bentang 55 pada proses testing lebih kecil daripada proses training, artinya akurasi *testing* lebih besar daripada training. Hal ini adalah indikasi baik sehingga masih dikatakan tidak terindikasi *overfitting*.

## 3. MAPE

Parameter kedua untuk mendapatkan akurasi adalah dengan menganalisis nilai MAPE. Untuk bentang 45 meter, dari model ANN < nilai MAPE yang

didapatkan pada kedua proses masih sangat besar yaitu lebih dari 90%. Proses testing bahkan lebih besar sedikit dibanding proses training yaitu selisih 0,4%. Pada proses training nilai MAPE didapatkan sebesar 93,4% sedangkan pada proses testing nilai MAPE didapatkan sebesar 93,8%. Nilai MAPE yang besar ini mengindikasikan model ANN yang digunakan belum baik dalam memprediksi. Bisa diperbaiki dengan menambah parameter data, jumlah data, termasuk mengubah arsitektural ANN itu sendiri. Untuk bentang 50 dan 55 meter nilai MAPE disajikan dalam Tabel 5.8 berikut.

**Tabel 5.8 Rekapitulasi MAPE Bentang 45 50 55**

Bentang	Nilai MAPE		Keterangan
	Training Data	Testing Data	
45	93,40%	93,80%	Tidak akurat
50	25,30%	37,20%	Layak
55	20,00%	36,60%	Layak

Berdasarkan Lewis (1982) menyebutkan bahwa, nilai MAPE yang layak berkisar antara 20-50%. Pada bentang 45, nilai MAPE sangat besar sehingga dikatakan tidak layak. Nilai MAPE yang besar dapat disebabkan oleh arsitektural ANN yang kurang sesuai maupun jumlah data dan sebarannya yang kurang.

Secara umum bentang 45 memberikan nilai parameter akurasi yang paling rendah dibanding bentang 50 dan 55. Secara data, jumlah data bentang 45 meter adalah yang paling banyak, artinya sebaran data arsitektural ANN yang lebih berpengaruh terhadap nilai akurasi prediksi.

ANN adalah bagian dari *machine learning* yang biasanya digunakan untuk prediksi maupun optimasi. Prosesnya mirip dengan *black box*, karena data yang ditentukan adalah input dan output saja tanpa mengetahui proses dalam layernya. Pada penelitian ini, ANN dimanfaatkan untuk mempersingkat proses perancangan jembatan. Proses perancangan jembatan biasanya dimulai dengan trial and error dan mengikuti prosedur sesuai

pedoman. Hal ini cukup memakan waktu jika trial and error yang dilakukan terlalu banyak. Dengan bantuan beberapa e-katalog untuk jembatan rangka baja, maka membantu proses pengumpulan data, dan mempercepat proses prediksi. Prediksi ANN yang diteliti ini dapat digunakan untuk menembak profil baja yang akan digunakan dalam trial and error, sehingga diharapkan mempersingkat proses perancangan jembatan.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berikut kesimpulan dari penelitian ini yaitu.

1. Hasil prediksi nilai DCR menggunakan pendekatan ANN dilihat dari beberapa parameter, diantaranya RMSE dan MAPE. Semakin besar nilai RMSE dan MAPE artinya semakin tidak akurat.
  - a. Nilai RMSE pada bentang 45 meter mempunyai nilai terbesar dibandingkan dengan bentang 50 meter dan 55 meter untuk proses *training* maupun proses *testing*. Namun untuk ketiga bentang tidak terjadi *overfitting*.
  - b. Nilai MAPE pada bentang 45 meter juga mempunyai nilai terbesar dibandingkan dengan bentang 50 meter dan 55 meter untuk proses *training* maupun proses *testing*. Prediksi untuk bentang 45 dikatakan kurang akurat, sedangkan untuk bentang 50 dan 55 akurat.
2. Tingkat akurasi pemakaian ANN untuk memprediksi nilai DCR dapat dilihat berdasarkan nilai koefisien determinasi. Hasil prediksi DCR untuk proses *training* dan *testing* dikategorikan kuat dengan nilai  $R^2$  diatas 0,7 kecuali untuk bentang 45 meter pada proses *testing* dikategorikan sedang dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,608.

#### **6.2 Saran**

Berikut saran untuk penelitian selanjutnya.

1. Menambahkan jumlah data yang diolah untuk memperkuat analisis dan hasil penelitian berikutnya.
2. Dapat dicoba beberapa pemodelan arsitektural ANN dengan kompleksitas yang lebih tinggi, parameter untuk data input dan output yang lebih variatif di parameter pengukuran akurasi yang lain..

3. Selain objek jembatan rangka, dapat dicoba objek jembatan tipe lain ataupun di luar jembatan dengan memperhatikan kaidah *engineering*, efektifitas, dan kemanfaatan.



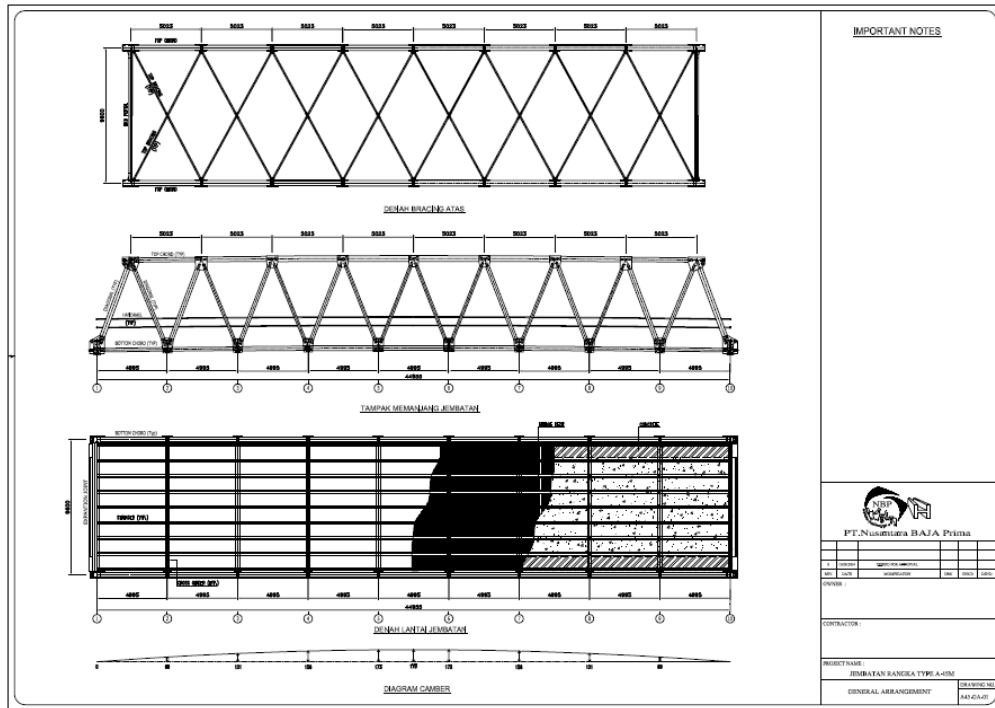
## DAFTAR PUSTAKA

- Afifuddin, M., dkk F. 2021. “*Prediksi Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi Dengan Pemodelan Metode Artificial Neural Network (ANN).*” *Jurnal Teknik Sipil* 10 (2): 106–13.
- Afifuddin, M., dkk. n.d. “*Aplikasi Artificial Neural Network (ANN) Untuk Memprediksi Perilaku Lentur Profil Kanal (C) Ferosemen.*”
- Anonim, 2016. SNI 1725-2016(*Pembebanan Untuk Jembatan*), Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Anonim, 2016. SNI 2833-2016(*Pembebanan Jembatan Terhadap Gempa*), Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Anonim, 2005. RSNI T-03-2005(*Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*), Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Aulia, A.Y. 2021. “*Pemakaian Artificial Neural Network (ANN) Untuk Optimasi Ukuran Balok Pada Desain Bangunan Beton Bertulang Tahan Gempa (Studi Kasus Bangunan Pusat Perbelanjaan Di Yogyakarta).*”
- Bakhtiar, N.H., and Afifuddin, M. 2022. “*Aplikasi Artificial Neural Network (ANN) Pada Model Prediksi Kuat Tarik Belah Beton Busa*” 4 (1).
- Fathurahman, I. 2022. “*Perencanaan Struktur Jembatan Kiringan Menggunakan Rangka Baja Tipe Warren (Structural Planning Of Kiringan Bridge Using Warren Type Steel Frame).*”
- Firdausa, F., and Hasan, A. 2020. “*Prediksi Dan Analisis Berat Gedung Dengan Structural Analysis Program 2000 (Sap 2000) Dan Metode Artificial Neural Network.*” *Jurnal Deformasi* 5 (1): 1.
- Hagan M., et al. 2002. *Neural Network Design*. Campus Pub. Service. University of Colorado Bookstore
- Harahap, K.F., dkk. 2022. “*Pendekatan Artificial Neural Network untuk Mengestimasi Dimensi Optimum dan Rasio Tulangan Gedung.*” *Inersia* 18 (1): 1–9.

- Lewis, C.D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods*. London: Butterworths.
- Maulana, Y., dkk. 2021. “Review Penggunaan Algoritma Artificial Neural Network Dalam Memprediksi Getaran Peledakan” 7.
- Moore, D, S., Notz, W, I dan Finger, M, A. 2013. *The Basic Practice of Statistics* (6th ed). New York, NY, W, H, Freeman and Company. Page (138).
- Muluk, A.A.T. 2021. “(Analysis Of Rating Factor Of The Sardito I Bridge Using SNI Load 1725: 2016).”
- Prathama, A.Y. 2018. “Pendekatan ANN (Artificial Neural Network) Untuk Penentuan Prosentase Bobot Pekerjaan Dan Estimasi Nilai Pekerjaan Struktur Pada Rumah Sakit Pratama.” *Jurnal Teknosains* 7 (1): 14.
- Sapta, S. 2017. “Tinjauan Kapasitas (Demand-Capacity Ratio) Struktur Baja Menara Air Kapasitas 100m<sup>3</sup> Di Pabrik Karet Pt. Mardec Siger Waykanan Lampung Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012.”  
*Teknika:*
- Supriyadi, B., dan Muntohar, A.S. 2007. *Jembatan. Beta Offset. Yogyakarta*
- Suryani, E., dkk. n.d. “Prediksi Nilai Kuat Tekan Mortar Dengan Pemodelan Artificial Neural Network (ANN) Dengan Pecahan Keramik.”

# LAMPIRAN

## Denah Jembatan 45



IMPORTANT NOTES



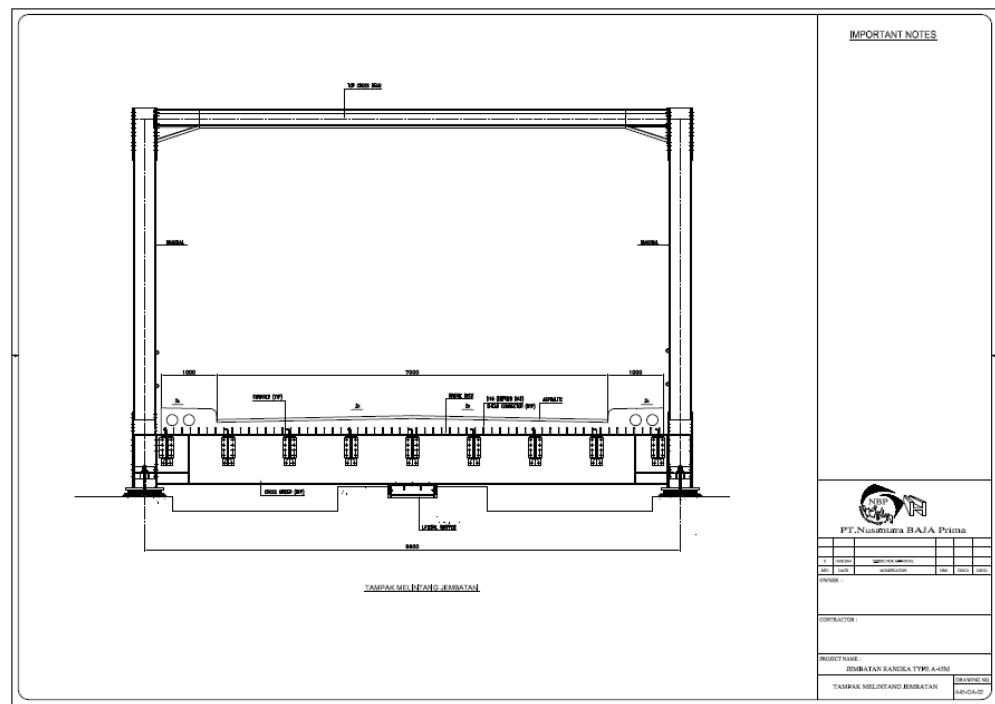
PT. Nusantara BAJA Prima

NO.	REVISI	REVISI	REVISI	REVISI
1.	1.	1.	1.	1.
2.	2.	2.	2.	2.
3.	3.	3.	3.	3.
4.	4.	4.	4.	4.
5.	5.	5.	5.	5.
6.	6.	6.	6.	6.
7.	7.	7.	7.	7.
8.	8.	8.	8.	8.
9.	9.	9.	9.	9.
10.	10.	10.	10.	10.
11.	11.	11.	11.	11.
12.	12.	12.	12.	12.
13.	13.	13.	13.	13.
14.	14.	14.	14.	14.
15.	15.	15.	15.	15.
16.	16.	16.	16.	16.
17.	17.	17.	17.	17.
18.	18.	18.	18.	18.
19.	19.	19.	19.	19.
20.	20.	20.	20.	20.
21.	21.	21.	21.	21.
22.	22.	22.	22.	22.
23.	23.	23.	23.	23.
24.	24.	24.	24.	24.
25.	25.	25.	25.	25.
26.	26.	26.	26.	26.
27.	27.	27.	27.	27.
28.	28.	28.	28.	28.
29.	29.	29.	29.	29.
30.	30.	30.	30.	30.
31.	31.	31.	31.	31.
32.	32.	32.	32.	32.
33.	33.	33.	33.	33.
34.	34.	34.	34.	34.
35.	35.	35.	35.	35.
36.	36.	36.	36.	36.
37.	37.	37.	37.	37.
38.	38.	38.	38.	38.
39.	39.	39.	39.	39.
40.	40.	40.	40.	40.
41.	41.	41.	41.	41.
42.	42.	42.	42.	42.
43.	43.	43.	43.	43.
44.	44.	44.	44.	44.
45.	45.	45.	45.	45.
46.	46.	46.	46.	46.
47.	47.	47.	47.	47.
48.	48.	48.	48.	48.
49.	49.	49.	49.	49.
50.	50.	50.	50.	50.
51.	51.	51.	51.	51.
52.	52.	52.	52.	52.
53.	53.	53.	53.	53.
54.	54.	54.	54.	54.
55.	55.	55.	55.	55.
56.	56.	56.	56.	56.
57.	57.	57.	57.	57.
58.	58.	58.	58.	58.
59.	59.	59.	59.	59.
60.	60.	60.	60.	60.
61.	61.	61.	61.	61.
62.	62.	62.	62.	62.
63.	63.	63.	63.	63.
64.	64.	64.	64.	64.
65.	65.	65.	65.	65.
66.	66.	66.	66.	66.
67.	67.	67.	67.	67.
68.	68.	68.	68.	68.
69.	69.	69.	69.	69.
70.	70.	70.	70.	70.
71.	71.	71.	71.	71.
72.	72.	72.	72.	72.
73.	73.	73.	73.	73.
74.	74.	74.	74.	74.
75.	75.	75.	75.	75.
76.	76.	76.	76.	76.
77.	77.	77.	77.	77.
78.	78.	78.	78.	78.
79.	79.	79.	79.	79.
80.	80.	80.	80.	80.
81.	81.	81.	81.	81.
82.	82.	82.	82.	82.
83.	83.	83.	83.	83.
84.	84.	84.	84.	84.
85.	85.	85.	85.	85.
86.	86.	86.	86.	86.
87.	87.	87.	87.	87.
88.	88.	88.	88.	88.
89.	89.	89.	89.	89.
90.	90.	90.	90.	90.
91.	91.	91.	91.	91.
92.	92.	92.	92.	92.
93.	93.	93.	93.	93.
94.	94.	94.	94.	94.
95.	95.	95.	95.	95.
96.	96.	96.	96.	96.
97.	97.	97.	97.	97.
98.	98.	98.	98.	98.
99.	99.	99.	99.	99.
100.	100.	100.	100.	100.

CONTRACTOR:

PROJECT NAME: JEMBATAN BANGKA TYPE A-40M

GENERAL ARRANGEMENT: 40-04-01



IMPORTANT NOTES



PT. Nusantara BAJA Prima

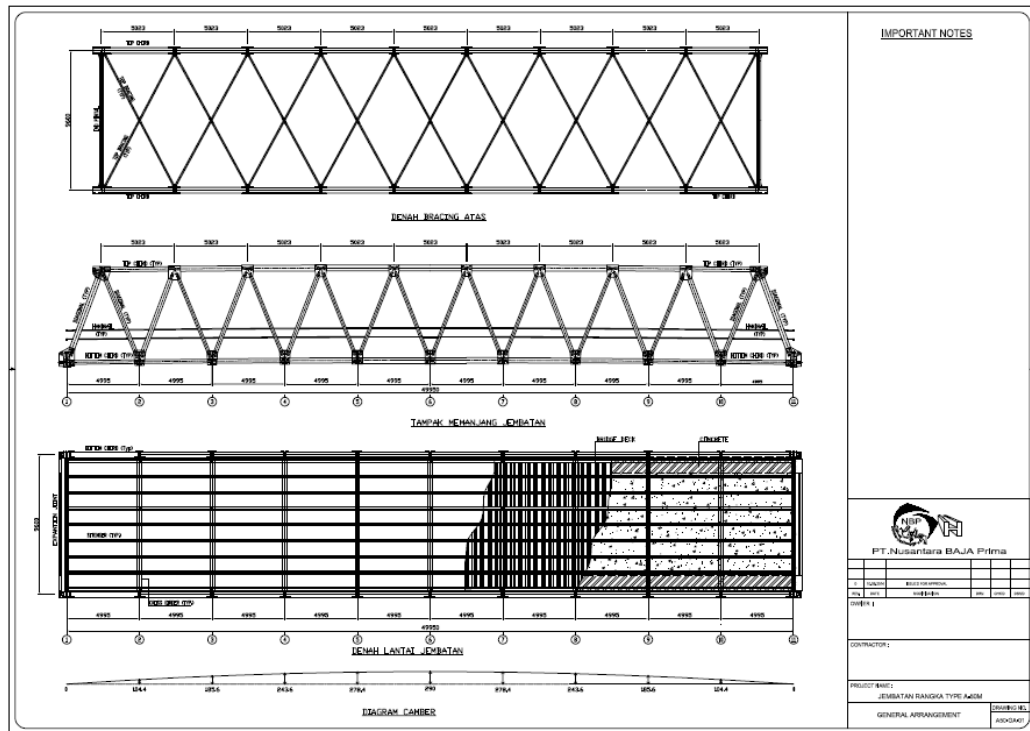
NO.	REVISI	REVISI	REVISI	REVISI
1.	1.	1.	1.	1.
2.	2.	2.	2.	2.
3.	3.	3.	3.	3.
4.	4.	4.	4.	4.
5.	5.	5.	5.	5.
6.	6.	6.	6.	6.
7.	7.	7.	7.	7.
8.	8.	8.	8.	8.
9.	9.	9.	9.	9.
10.	10.	10.	10.	10.
11.	11.	11.	11.	11.
12.	12.	12.	12.	12.
13.	13.	13.	13.	13.
14.	14.	14.	14.	14.
15.	15.	15.	15.	15.
16.	16.	16.	16.	16.
17.	17.	17.	17.	17.
18.	18.	18.	18.	18.
19.	19.	19.	19.	19.
20.	20.	20.	20.	20.
21.	21.	21.	21.	21.
22.	22.	22.	22.	22.
23.	23.	23.	23.	23.
24.	24.	24.	24.	24.
25.	25.	25.	25.	25.
26.	26.	26.	26.	26.
27.	27.	27.	27.	27.
28.	28.	28.	28.	28.
29.	29.	29.	29.	29.
30.	30.	30.	30.	30.
31.	31.	31.	31.	31.
32.	32.	32.	32.	32.
33.	33.	33.	33.	33.
34.	34.	34.	34.	34.
35.	35.	35.	35.	35.
36.	36.	36.	36.	36.
37.	37.	37.	37.	37.
38.	38.	38.	38.	38.
39.	39.	39.	39.	39.
40.	40.	40.	40.	40.
41.	41.	41.	41.	41.
42.	42.	42.	42.	42.
43.	43.	43.	43.	43.
44.	44.	44.	44.	44.
45.	45.	45.	45.	45.
46.	46.	46.	46.	46.
47.	47.	47.	47.	47.
48.	48.	48.	48.	48.
49.	49.	49.	49.	49.
50.	50.	50.	50.	50.
51.	51.	51.	51.	51.
52.	52.	52.	52.	52.
53.	53.	53.	53.	53.
54.	54.	54.	54.	54.
55.	55.	55.	55.	55.
56.	56.	56.	56.	56.
57.	57.	57.	57.	57.
58.	58.	58.	58.	58.
59.	59.	59.	59.	59.
60.	60.	60.	60.	60.
61.	61.	61.	61.	61.
62.	62.	62.	62.	62.
63.	63.	63.	63.	63.
64.	64.	64.	64.	64.
65.	65.	65.	65.	65.
66.	66.	66.	66.	66.
67.	67.	67.	67.	67.
68.	68.	68.	68.	68.
69.	69.	69.	69.	69.
70.	70.	70.	70.	70.
71.	71.	71.	71.	71.
72.	72.	72.	72.	72.
73.	73.	73.	73.	73.
74.	74.	74.	74.	74.
75.	75.	75.	75.	75.
76.	76.	76.	76.	76.
77.	77.	77.	77.	77.
78.	78.	78.	78.	78.
79.	79.	79.	79.	79.
80.	80.	80.	80.	80.
81.	81.	81.	81.	81.
82.	82.	82.	82.	82.
83.	83.	83.	83.	83.
84.	84.	84.	84.	84.
85.	85.	85.	85.	85.
86.	86.	86.	86.	86.
87.	87.	87.	87.	87.
88.	88.	88.	88.	88.
89.	89.	89.	89.	89.
90.	90.	90.	90.	90.
91.	91.	91.	91.	91.
92.	92.	92.	92.	92.
93.	93.	93.	93.	93.
94.	94.	94.	94.	94.
95.	95.	95.	95.	95.
96.	96.	96.	96.	96.
97.	97.	97.	97.	97.
98.	98.	98.	98.	98.
99.	99.	99.	99.	99.
100.	100.	100.	100.	100.

CONTRACTOR:

PROJECT NAME: JEMBATAN BANGKA TYPE A-40M

TAMPAK MELINTANG JEMBATAN: 40-04-02

Denah Jembatan 50



IMPORTANT NOTES

PT.Nusantara BAJA Prima

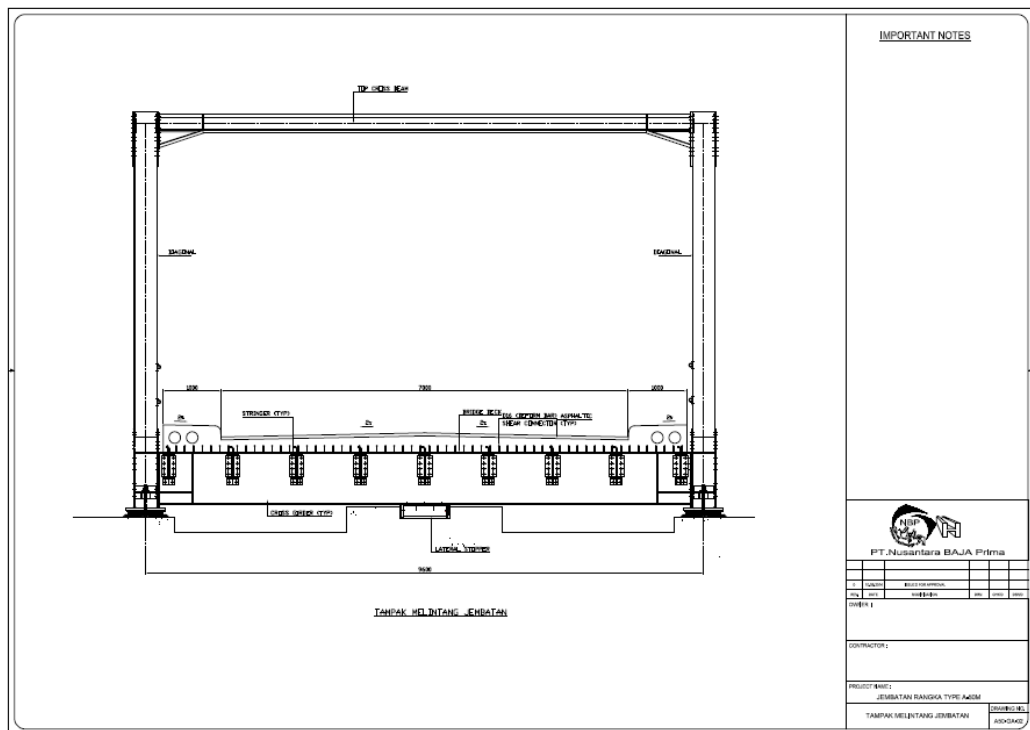
NO.	REVISI	REVISI	REVISI	REVISI
1.	1.	1.	1.	1.
2.	2.	2.	2.	2.
3.	3.	3.	3.	3.

CONTRACTOR:

PROJECT NAME: JEMBATAN BANGKA TYRE AJOIM

GENERAL ARRANGEMENT:

REVISION:



IMPORTANT NOTES

PT.Nusantara BAJA Prima

NO.	REVISI	REVISI	REVISI	REVISI
1.	1.	1.	1.	1.
2.	2.	2.	2.	2.
3.	3.	3.	3.	3.

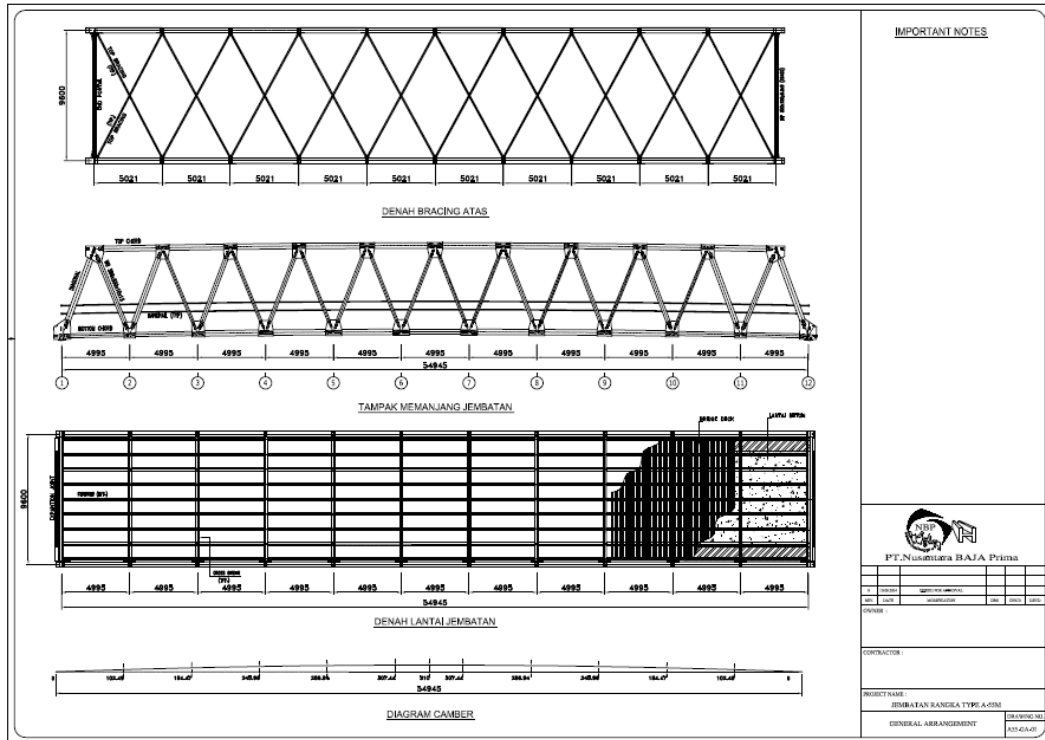
CONTRACTOR:

PROJECT NAME: JEMBATAN BANGKA TYRE AJOIM

TAMPAK MELINTANG JEMBATAN:

REVISION:

Denah Jembatan 55



IMPORTANT NOTES



PT. Nusumura BAJA Prima

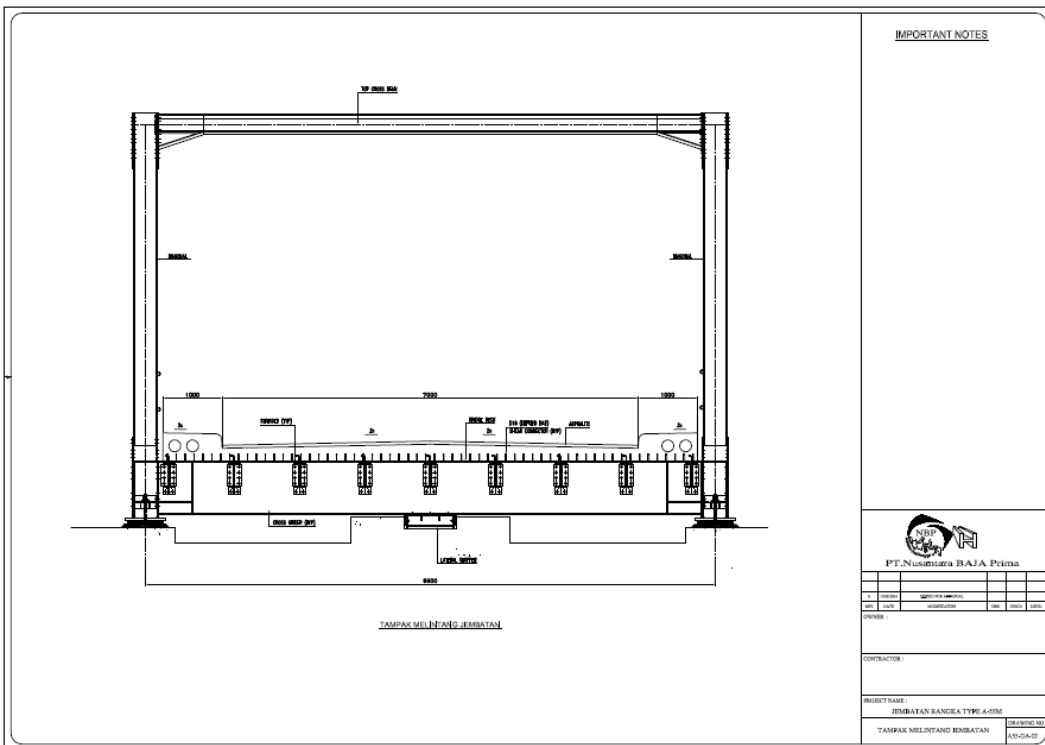
NO	REVISI	REVISI	REVISI
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

CONTR	CONTR	CONTR	CONTR
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

CONTRACTOR	CONTRACTOR	CONTRACTOR	CONTRACTOR
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

PROJECT NAME	PROJECT NAME	PROJECT NAME	PROJECT NAME
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

GENERAL ARRANGEMENT	GENERAL ARRANGEMENT	GENERAL ARRANGEMENT	GENERAL ARRANGEMENT
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1



IMPORTANT NOTES



PT. Nusumura BAJA Prima

NO	REVISI	REVISI	REVISI
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

CONTR	CONTR	CONTR	CONTR
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

CONTRACTOR	CONTRACTOR	CONTRACTOR	CONTRACTOR
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

PROJECT NAME	PROJECT NAME	PROJECT NAME	PROJECT NAME
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

TAMPAK MELINTANG JEMBATAN	TAMPAK MELINTANG JEMBATAN	TAMPAK MELINTANG JEMBATAN	TAMPAK MELINTANG JEMBATAN
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1