TUGAS AKHIR

ANALISIS KELAYAKAN JEMBATAN DOGONGAN, KABUPATEN BANTUL DENGAN PENGUKURAN MIKROTREMOR MENGGUNAKAN METODE *HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR)* *(FEASIBILITY ANALYSIS OF DOGONGAN BRIDGE, BANTUL DISTRICT WITH MICROTREMOR MEASUREMENT USING HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR) METHOD)*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Naufal Isa Haidar
20511206

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KELAYAKAN JEMBATAN DOGONGAN, KABUPATEN BANTUL DENGAN PENGUKURAN MIKROTREMOR MENGGUNAKAN METODE *HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR)*
(FEASIBILITY ANALYSIS OF DOGONGAN BRIDGE, BANTUL DISTRICT WITH MICROTREMOR MEASUREMENT USING HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR) METHOD)

Disusun Oleh

Naufal Isa Haidar
20511206

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

Diuji pada tanggal 13 Februari 2025

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
18/2 2025	18/2 2025	19.02.25
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.	**Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.**	**Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.**
NIP : 185111304	**NIP : 095110101**	**NIP : 165111301**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

20/2 2025

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
NIP : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai bagian dari persyaratan kelulusan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil penyusunan saya sendiri. Bagian tertentu dalam laporan ini yang mengutip karya orang lain telah dicantumkan sumbernya secara jelas, sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Jika di kemudian hari terbukti bahwa seluruh atau sebagian laporan ini bukan hasil karya saya sendiri atau terdapat unsur plagiasi, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik, sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 13 Februari 2025

Yang membuat pernyataan,



Naufal Isa Haidar

(20511206)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul "**Analisis Kelayakan Jembatan Dogongan, Kabupaten Bantul Dengan Pengukuran Mikrotremor Menggunakan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR)**". Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis dihadapkan pada berbagai tantangan. Namun, berkat dukungan, saran, serta bantuan dari berbagai pihak, Alhamdulillah proposal ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil, dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Anggit Mas Arifudin S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan banyak tambahan ilmu selama proses penulisan.
3. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan secara material, semangat, dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir,
4. Seluruh keluarga besar, yang telah memberikan dukungan dan juga doa.
5. Ridwan Ikrar Legawa selaku partner yang telah membantu penulis dalam proses pelaksanaan penelitian.

6. M. Ridwan, M. Nabil Attaullah, Imran Ahmad Fauzian, dan teman-teman yang telah memberikan bantuan serta dukungan dalam proses pengerjaan proposal tugas akhir.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan unrtuk menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, diharapkan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 13 Februari 2025
Penulis,



Naufal Isa Haidar
20511206

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR LAMPIRAN xiii

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiv

ABSTRAK xv

ABSTRACT xvi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 4

1.5 Batasan Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu 6

2.1.1 Identifikasi Kelayakan Jembatan Batanghari II Kota Jambi Menggunakan Mikrotremor Dengan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR) 6

2.1.2 Uji Durabilitas Jembatan Kereta Api Dengan Menggunakan Analisis Mikrotremor 8

2.1.3 Analisis Frekuensi Resonansi Jembatan Bantar III Bantul Yogyakarta Terhadap Kejadian Gempabumi Yogyakarta 9
2.1.4 Kajian Respon Jembatan Di Aceh Utara Terhadap Gempa Berdasarkan Data Mikrotremor 11
2.1.5 Evaluasi Kondisi Jembatan Kuranji dengan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio dan Pergerakan Partikel 12
2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Dilakukan 14
BAB III LANDASAN TEORI 19
3.1 Jembatan 19
3.1.1 Definisi Jembatan 19
3.1.2 Jenis-Jenis Jembatan 19
3.1.3 Tipe-tipe Jembatan Rangka Baja 26
3.1.4 Material Baja 27
3.1.5 Material Beton 27
3.1.6 Pembebanan Jembatan 28
3.1.7 Penentuan Material Jembatan 33
3.1.8 Penilaian Kondisi Jembatan 34
3.2 Mikrotremor 36
3.3 Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)* 36
3.4 Frekuensi Natural Struktur (f0) 38
3.5 Frekuensi Teoritis 38
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 39
4.1 Lokasi Penelitian 39
4.2 Data Yang Diperlukan 39
4.2.1 Data Dimensi Jembatan 40
4.2.2 Data Profil Jembatan 40

4.2.3 Material Jembatan 45
4.3 Peralatan 45
4.4 Teknik Pengumpulan Data 47
4.5 Pelaksanaan Penelitian 51
4.6 Pengolahan Data 52
4.6.1 Data Mikrotremor 52
4.6.2 Perhitungan Frekuensi Natural (f0) 52
4.6.3 Perhitungan Frekuensi Teoritis 53
4.6.4 Peta Persebaran Frekuensi Jembatan 54
4.7 Diagram Alur Penelitian 55
BAB V PEMBAHASAN 56
5.1 Analisis HVSR 56
5.1.1 Pengambilan Data di Lapangan 56
5.1.2 Analisis Data 58
5.1.3 Nilai Frekuensi Natural Jembatan 62
5.2 Analisis Frekuensi Teoritis Jembatan *SAP2000* 62
5.2.1 Analisis Pembebanan 62
5.2.2 Hasil Analisis *SAP2000* *83*
5.3 Peta Persebaran Frekuensi Jembatan 84
5.4 Hasil Analisis Kelayakan Jembatan 87
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 90
6.1 Kesimpulan 90
6.2 Saran 91
DAFTAR PUSTAKA 92
LAMPIRAN 95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Dilakukan 15
Tabel 3.1 Sifat Mekanis Baja Struktural 27
Tabel 3.2 Berat isi untuk Beban Mati 29
Tabel 3.3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri 29
Tabel 3.4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan 30
Tabel 3.11 Kuat Tekan Minimum Beton Berdasarkan Tahun Pembangunannya 34
Tabel 3.12 Karakteristik Struktur Baja Berdasarkan Tahun Pembangunan 34
Tabel 3.13 Penilaian Kondisi Bangunan Jembatan 35
Tabel 4.1 Dimensi Profil Rangka 45
Tabel 4.2 Standar dan Syarat Pengukuran SESAME 50
Tabel 5.1 Nilai Frekuensi Jembatan 62
Tabel 5.2 Format Tabel 85
Tabel 5.3 Nilai Kerusakan Relatif Jembatan 88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil frekuensi alami titik 1 arah barat 7
Gambar 2.2 Hasil frekuensi alami titik 1 arah timur 7
Gambar 2.3 Frekuensi Natural Jembatan 8
Gambar 2.4 Sinyal dan Spektrum Frekuensi Getaran Jembatan Bentang 1 10
Gambar 2.5 Sinyal dan Spektrum Frekuensi Getaran Jembatan Bentang 2 10
Gambar 2.6 Frekuensi Gempa Tanggal 13 Mei 2009 10
Gambar 2.7 Frekuensi Gempa Tanggal 24 Januari 2010 11
Gambar 2.8 Peta Sebaran Frekuensi Alamiah di Atas Jembatan 13
Gambar 2.9 Peta Sebaran Frekuensi Alamiah di Bawah Jembatan 14
Gambar 3.1 Penentu Tipe Jembatan 25
Gambar 3.2 Susunan Geometri Jembatan Rangka Baja 26
Gambar 3.3 Beban Lajur “D” 31
Gambar 3.4 Beban Truk “T” 31
Gambar 3.5 Faktor Beban Dinamis (FBD) 33
Gambar 3.10 Hasil Perekaman Mikrotremor 36
Gambar 3.11 Kurva HVSR 37
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian 39
Gambar 4.2 Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Samping 41
Gambar 4.3 Detail Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Samping 41
Gambar 4.4 Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Atas 42
Gambar 4.5 Detail Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Atas 42
Gambar 4.6 Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Bawah 43
Gambar 4.7 Detail Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Bawah 43
Gambar 4.8 Visualisasi 3D Jembatan 44
Gambar 4.9 Perangkat Keras (Hardware) 47
Gambar 4.10 Titik Penelitian Pada Struktur Atas 49
Gambar 4.11 Titik Penelitian Pada Struktur Bawah**Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4.12 Diagram Alur Penelitian 55
Gambar 5.1 Persiapan Instrumen Alat Pengukuran Mikrometer 56

Gambar 5.2 Instrumen Alat 57
Gambar 5.3 Proses Perekaman Sinyal Mikrotremor 57
Gambar 5.4 Titik Pengukuran Mikrotremor 58
Gambar 5.5 Grafik Pengolahan Data Sinyal Mikrotremor Titik 4 Menggunakan Software Geopsy 59
Gambar 5.6 Filtering Option Untuk Windowing Sinyal Mikrotremor Titik 4 60
Gambar 5.7 Windowing Sinyal Mikrotremor Titik 4 60
Gambar 5.8 Grafik HVSR Titik 4 61
Gambar 5.9 Grafik Nilai f0 Titik 4 61
Gambar 5.10 Output Berat Mati Sendiri 63
Gambar 5.11 Pembebanan Aspal+Overlay Pada Pelat 64
Gambar 5.12 Pembebanan Trotoar 65
Gambar 5.13 Pembebanan Pipa Railing 65
Gambar 5.14 Beban Terbagi Merata (BTR) Pada Pelat 66
Gambar 5.15 Beban Garis Terpusat (BGT) Pada Tengah Bentang 67
Gambar 5.16 Pembebanan Truk “T” 68
Gambar 5.17 Pembebanan Rem Pada Titik Buhul Atas dan Bawah 69
Gambar 5. 18 Beban Pejalan Kaki di Titik Buhul 70
Gambar 5.19 Template Model 2D Trusses 71
Gambar 5.20 Tumpuan Jembatan 71
Gambar 5.21 Penyesuaian Posisi Batang Rangka Utama 72
Gambar 5.22 Material Property Data Baja 73
Gambar 5.23 Material Property Data Beton 73
Gambar 5.24 Input Frame Section Properties 74
Gambar 5.25 Input Frame Batang Diagonal (D1) 74
Gambar 5.26 Input Frame Bracing Atas (BA1) 75
Gambar 5.27 Input Frame Bracing Atas (BA2) 75
Gambar 5.28 Input Frame Batang Tepi Atas (BTA) 76
Gambar 5.29 Input Frame Batang Tepi Bawah (BTB) 76
Gambar 5.30 Input Frame Balok Anak Bawah (BAB) 77
Gambar 5.31 Input Frame Gelagar Melintang (GM) 77

Gambar 5.32 Hasil Pemodelan Struktur Rangka Jembatan 78
Gambar 5.33 Define Area Section 79
Gambar 5.34 Draw Area Section 79
Gambar 5.35 Joint Offset Overwrites Pelat Lantai 80
Gambar 5.36 Posisi pelat Lantai Setelah Offset 80
Gambar 5.37 Arah Sumbu Momen 81
Gambar 5.38 Releases Partial Fixity 82
Gambar 5.39 Load Assignment 82
Gambar 5.40 Define Load Combination 83
Gambar 5.41 Frekuensi Teoritis Jembatan 84
Gambar 5.42 Import Data 85
Gambar 5.43 Tampilan Peta Kontur 86
Gambar 5.44 Peta Kontur 86
Gambar 5.45 Peta Persebaran Frekuensi Jembatan Dogongan 87

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L-1.1 Kurva HVSR Titik 1 96
Gambar L-1.2 Kurva HVSR Titik 2 96
Gambar L-1.3 Kurva HVSR Titik 3 96
Gambar L-1.4 Kurva HVSR Titik 4 97
Gambar L-1.5 Kurva HVSR Titik 5 97
Gambar L-1.6 Kurva HVSR Titik 6 97
Gambar L-1.7 Kurva HVSR Titik 7 98
Gambar L-1.8 Kurva HVSR Titik 8 98
Gambar L-1.9 Kurva HVSR Titik 9 98
Gambar L-1.10 Kurva HVSR Titik 10 99
Gambar L-1.11 Kurva HVSR Titik 11 99
Gambar L-1.12 Kurva HVSR Titik 12 100
Gambar L-1.13 Kurva HVSR Titik 13 100
Gambar L-2.1 Lokasi Penelitian Jembatan Dogongan 101
Gambar L-3.1 Titik Pengukuran Mikrotremor Jembatan Dogongan 102
Gambar L-4.1 Peta Persebaran Frekuensi Jembatan Dogongan 103
Gambar L-5.1 Dokumentasi Penelitian 104
Gambar L-5.2 Dokumentasi Penelitian 104
Gambar L-5.3 Dokumentasi Penelitian 104
Gambar L-6.1 Surat Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan ke Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral 105
Gambar L-7.1 Surat Balasan Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral 106
Gambar L-8.1 Surat Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan ke Pemerintahan Desa Selopamioro 107
Gambar L-9.1 Surat Balasan Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan dari Pemerintahan Desa Selopamioro 108

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

HVSR	= Horisontal to Vertikal Spektral Rasio
MS	= Berat Sendiri
MA	= Beban Mati Tambahan
TD	= Beban Lajur “D”
BTR	= Beban Terbagi Merata
BGT	= Beban Garis Terpusat
q	= Beban Terbagi Rata (BTR) Dalam Arah Memanjang
L	= Panjang Total Bentang Jembatan
FBD	= Faktor Beban Dinamis
L_{av}	= Panjang Bentang Rata-Rata
L_{max}	= Panjang Bentang Maksimum
TB	= Gaya Rem
PB1	= Gaya Rem Titik Buhul Atas
PB2	= Gaya Rem Titik Buhul Bawah
TP	= Beban Pejalan Kaki
F0	= Frekuensi Natural
T_{SITE}	= Rasio Spektrum Mikrotremor
$SH_{North\text{-}South}$	= Sinyal Horizontal Arah Utara Dan Selatan
$SH_{East\text{-}West}$	= Sinyal Horizontal Arah Timur Dan Barat
S_{VS}	= Sinyal Vertikal
EW	= East-West
NS	= North-South
F’c	= Mutu Beton
Fu	= Tegangan Putus
Fy	= Tegangan Leleh

ABSTRAK

Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul merupakan jembatan rangka baja yang telah beroperasi sejak tahun 1990 dan rentan terhadap dampak aktivitas seismik di Yogyakarta. Evaluasi kelayakan jembatan diperlukan untuk memastikan keamanannya, terutama terhadap gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi natural (f0) Jembatan Dogongan, untuk mengetahui nilai frekuensi teoritis dari pemodelan SAP2000, memetakan persebaran frekuensi pada jembatan, serta mengevaluasi tingkat kelayakan jembatan berdasarkan hasil analisis frekuensi**.** Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) digunakan untuk mengukur frekuensi natural jembatan berdasarkan data mikrotremor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi natural rata-rata jembatan berdasarkan pengukuran mikrotremor adalah 1,879 Hz, sedangkan hasil pemodelan SAP2000 menunjukkan frekuensi teoritis sebesar 2,039 Hz, diperoleh kerusakan relatif sebesar 7,826%. Beradasarkan peta persebaran frekuensi, frekuensi tinggi yang terjadi pada titik 2 (3,303 Hz) dan titik 9 (5,076 Hz) mengindikasikan potensi ketidaksempurnaan struktur, seperti perubahan material, korosi, atau kelonggaran sambungan. Oleh karena itu, diperlukan inspeksi lebih lanjut serta tindakan perbaikan untuk memastikan keandalan dan keamanan jembatan.. Berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor: Pt T-05-2002-B, yang menyatakan bahwa kerusakan relatif antara 6% hingga 10% dikategorikan sebagai rusak ringan *(non struktural),* sehingga kondisi Jembatan Dogongan masih dalam kategori cukup layak untuk digunakan dengan perawatan rutin.

Kata Kunci: Mikrotremor, HVSR, frekuensi natural, frekuensi teoritis, SAP2000

ABSTRACT

Dogongan Bridge in Bantul Regency is a steel truss bridge that has been in operation since 1990 and is vulnerable to the impact of seismic activity in Yogyakarta. Evaluation of the bridge's feasibility is needed to ensure its safety, especially against earthquakes. This study aims to determine the value of the natural frequency (f0) of Dogongan Bridge, to determine the theoretical frequency value from SAP2000 modeling, to map the frequency distribution on the bridge, and to evaluate the feasibility level of the bridge based on the results of frequency analysis. The Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) method was used to measure the natural frequency of the bridge based on microtremor data. The results showed that the average natural frequency of the bridge based on microtremor measurements was 1.879 Hz, while the SAP2000 modeling results showed a theoretical frequency of 2.039 Hz, obtaining a relative damage of 7.826%. Based on the frequency distribution map, the high frequencies occurring at point 2 (3.303 Hz) and point 9 (5.076 Hz) indicate potential structural imperfections, such as material changes, corrosion, or looseness of connections. Therefore, further inspections and corrective actions are required to ensure the reliability and safety of the bridge. Based on the Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor: Pt T-05-2002-B, which states that relative damage between 6% and 10% is categorized as minor damage (non-structural), the condition of Dogongan Bridge is still in the category of being fit for use with routine maintenance.

Keywords: *Microtremor, HVSR, Natural Frequency, Theoretical Frequency, SAP2000*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia yang terletak di sepanjang Cincin Api Pasifik dikenal memiliki risiko seismik yang tinggi. Risiko ini disebabkan oleh interaksi tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia di selatan, Lempeng Eurasia di utara, dan Lempeng Pasifik di timur (*National Geographic*, 2012). Pertemuan lempeng-lempeng ini menyebabkan aktivitas seismik yang intens, termasuk gempa bumi, yang seringkali berdampak besar terhadap infrastruktur di wilayah tersebut.

Yogyakarta merupakan salah satu daerah di Indonesia yang rawan gempa bumi akibat aktivitas pergerakan lempeng dan sesar lokal. Salah satu contohnya adalah gempa bumi yang terjadi pada 27 Mei 2006 akibat aktivitas Sesar Opak. Gempa berkekuatan 6,3 SR tersebut berlangsung selama 57 detik dengan pusat gempa berada pada koordinat 7,961° LS dan 110,446° BT, sekitar 37 km selatan Yogyakarta dan 33 km di bawah permukaan laut. Gempa ini menyebabkan 5.716 korban jiwa, 37.927 orang luka-luka, serta kerusakan lebih dari 350.000 rumah. Selain Yogyakarta, gempa ini juga berdampak pada wilayah sekitar seperti Klaten, Boyolali, dan Surakarta (BNPB, 2006).

Gempa bumi yang dahsyat ini tidak hanya merusak bangunan dan infrastruktur di permukaan, tetapi juga menimbulkan kerusakan pada struktur-struktur penting seperti jembatan. Jembatan, sebagai penghubung utama antara dua lokasi yang dipisahkan oleh sungai atau parit, memainkan peran vital dalam mobilitas dan transportasi sehari-hari masyarakat. Mengingat kerusakan yang disebabkan oleh gempa pada tahun 2006, penting untuk melakukan evaluasi dan perawatan rutin pada jembatan agar dapat memastikan keselamatan dan fungsi optimalnya dalam menghadapi gempa bumi di masa depan. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan pencegahan agar tidak mudah rusak, hancur, atau terjadi hal yang tidak diinginkan.

Dalam membangun sebuah jembatan, berbagai faktor harus dipertimbangkan termasuk lokasi dan kondisi lingkungannya. Setelah diketahui jenis tanah dan batuan dasar di bawah permukaan, material yang digunakan harus lulus uji kekuatan atau ketahanan sebelum jembatan dapat digunakan. Material yang digunakan harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Selain dari faktor-faktor tersebut, jembatan harus melalui uji kelayakan. Dari berbagai pengujian untuk mengetahui kekuatan jembatan, salah satunya adalah uji getaran. Dibandingkan dengan metode uji beban, metode uji getaran lebih hemat biaya dan tidak merusak struktur. Mikrotremor, yang merupakan getaran dengan amplitudo rendah yang dihasilkan oleh kendaraan yang melewati jembatan, dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi struktur jembatan (Darko *et al.,* 2020). Mikrotremor ini terjadi secara acak dan terus-menerus, dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan alam (Sitorus *et al.,* 2017).

Frekuensi natural suatu jembatan merupakan parameter penting dalam menentukan kelayakan strukturnya. Frekuensi ini menunjukkan bagaimana jembatan merespons getaran atau beban dinamis, seperti lalu lintas kendaraan dan gempa bumi. Seiring waktu, degradasi material dan kerusakan struktural dapat menyebabkan perubahan pada frekuensi natural jembatan. Jika frekuensi alami jembatan mengalami penurunan signifikan dibandingkan dengan nilai awalnya, hal ini dapat mengindikasikan adanya penurunan kekakuan atau bahkan potensi kerusakan struktural yang serius. Oleh karena itu, dengan memantau perubahan frekuensi menggunakan metode HVSR, kondisi jembatan dapat dievaluasi secara lebih akurat, sehingga langkah perawatan dan mitigasi dapat dilakukan lebih dini untuk memastikan kelayakan dan keamanan jembatan dalam jangka panjang.

Penelitian ini difokuskan pada Jembatan Dogongan yang melintasi Sungai Oyo yang terletak di Kapanewon Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Jembatan ini berbentuk struktur rangka baja yang termasuk jembatan tua yang dibangun sejak tahun 1990 dengan bentang 120 meter. Mengingat usianya yang sudah sangat tua, diperlukan penelitian untuk mengevaluasi kondisi kelayakan dari struktur jembatannya. Kelayakan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah

kelayakan setelah jembatan dibangun dan telah beroperasi selama bertahun-tahun, yang ditinjau kembali untuk memastikan keamanan dan ketahanan strukturnya.

Dalam penelitian ini, metode *HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)* akan digunakan untuk mengevaluasi kondisi jembatan. Metode HVSR memanfaatkan pengukuran mikrotremor untuk menentukan frekuensi natural jembatan tanpa menyebabkan kerusakan. Analisis HVSR memungkinkan identifikasi resonansi struktural yang bisa mengindikasikan potensi kerusakan atau kelemahan pada jembatan saat terjadi gempa. Dengan metode ini, diharapkan dapat diperoleh data yang akurat mengenai kondisi struktural Jembatan Dogongan di Yogyakarta, sehingga perawatan yang tepat dan tindakan pencegahan dapat direncanakan untuk mengurangi risiko kerusakan akibat gempa di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah nilai frekuensi natural (f0) Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul yang diperoleh dari hasil pengukuran mikrotremor?
2. Berapakah nilai frekuensi teoritis jembatan berdasarkan pemodelan menggunakan *software SAP2000*?
3. Bagaimanakah peta persebaran frekuensi Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul?
4. Bagaimana kelayakan struktur Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul jika ditinjau dari perbandingan antara frekuensi natural (f0) hasil pengukuran dan frekuensi teoritis hasil pemodelan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian yang didasarkan pada rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan nilai frekuensi natural (f0) Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul.

2. Mendapatkan nilai frekuensi teoritis jembatan yang diambil dari permodelan *SAP2000.*
3. Menghasilkan peta persebaran frekuensi Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul.
4. Mengidentifikasi hasil kelayakan Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul yang ditinjau dari nilai frekuensi natural (f0) dan frekuensi teoritis jembatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dari adanya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi terkait tingkat kelayakan Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul berdasarkan nilai frekuensi natural jembatan (f0) dan frekuensi teoritis.
2. Menjadi acuan dalam upaya perawatan dan rehabilitasi jembatan agar tetap memenuhi standar keamanan dan fungsionalitas.
3. Memberikan referensi dan tambahan literatur bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan evaluasi struktur jembatan menggunakan metode serupa.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di lokasi Jembatan Dogongan Kapanewon Imogiri, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Terdapat total 10 titik pengambilan data pada struktur atas jembatan.
3. Pengukuran getaran mikrotremor menggunakan *Digital Seismic Sensor Triton 5s.*
4. Informasi yang didapatkan pada penelitian ini berupa nilai frekuensi natural jembatan (f0) berdasarkan pengukuran mikrotremor dan frekuensi teoritis jembatan dari analisis pemodelan *software*.
5. Analisis perhitungan struktur hanya dilakukan pada struktur atas jembatan.
6. Pembebanan jembatan hanya memasukkan beban mati dan beban lalu lintas.

7. Pengukuran mikrotremor pada penelitian ini mengacu pada aturan yang ditetapkan oleh *SESAME European Research Project* (SESAME, 2004).

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini, digunakan beberapa referensi terkait dengan penelitian sebelumnya sebagai referensi dan dasar dalam pembuatan tugas akhir ini.

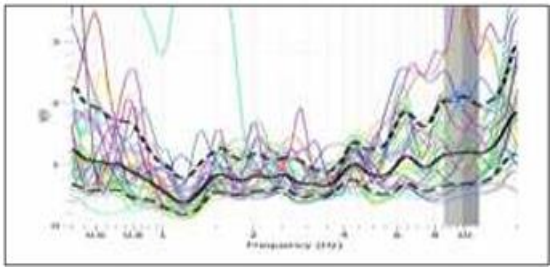
2.1.1 Identifikasi Kelayakan Jembatan Batanghari II Kota Jambi Menggunakan Mikrotremor Dengan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR)

Syaputra *et al* (2019) melakukan penelitian mengenai identifikasi kelayakan Jembatan Batanghari ii Kota Jambi menggunakan metode microtremor HVSR. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai frekuensi alami Jembatan Batanghari II menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) dan menilai kerusakan relatif pada jembatan tersebut. Dengan mengevaluasi respons dinamik jembatan terhadap beban gempa, penelitian ini juga bertujuan untuk menilai kondisi struktural dan kelayakan jembatan berdasarkan standar frekuensi yang berlaku. Penelitian ini penting untuk memastikan bahwa Jembatan Batanghari II tetap aman dan layak digunakan oleh masyarakat, mengingat jembatan ini merupakan jalur alternatif yang sering digunakan untuk berbagai aktivitas.

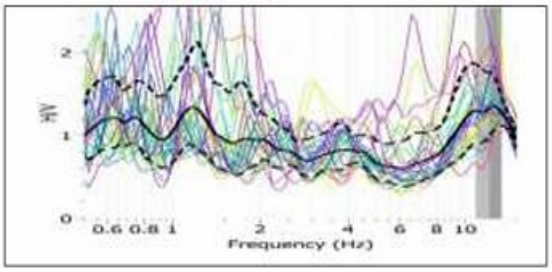
Metode penelitian yang digunakan melibatkan pengumpulan data mikrotremor di lapangan menggunakan sensor mikrotremor yang ditempatkan langsung pada jembatan. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan perangkat lunak *Geopsy* untuk menganalisis rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal getaran. Prosedur pengolahan data meliputi picking data gelombang yang stabil, filtering untuk memisahkan nilai frekuensi yang diinginkan, dan analisis grafik H/V untuk menentukan nilai frekuensi alami. Pengambilan data

dilakukan selama 8 hari dan melibatkan pengukuran di 12 titik pada 6 lintasan di jembatan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan dari pengolahan data microtremor lapangan, Berikut data pada titik 1 kurva H/V arah barat dan arah timur yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1** dan **Gambar 2.2** berikut.



Gambar 2.1 Hasil frekuensi alami titik 1 arah barat
(Syaputra et al., 2019)



Gambar 2.2 Hasil frekuensi alami titik 1 arah timur
(Syaputra et al., 2019)

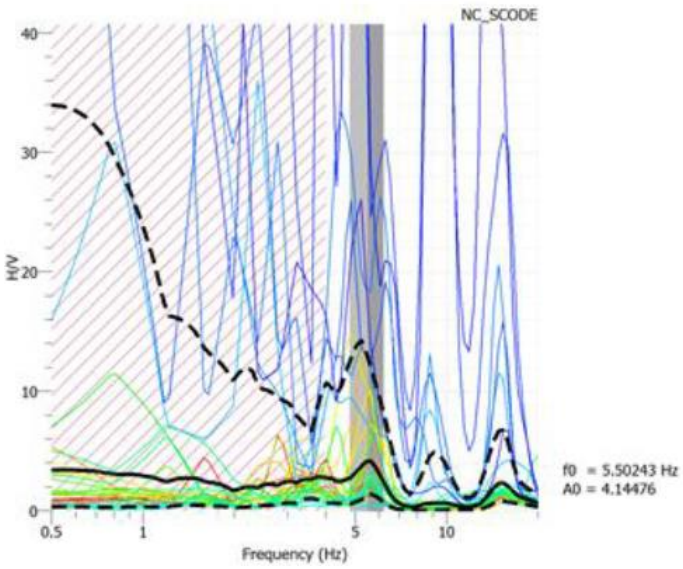
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai frekuensi alami Jembatan Batanghari II adalah 7,40441 Hz, yang sedikit lebih rendah dari nilai standar frekuensi jembatan sebesar 7,675 Hz, menunjukkan bahwa jembatan masih dalam kondisi struktural yang baik. Nilai kerusakan relatif jembatan sebesar 3,53%, yang menegaskan bahwa jembatan dalam kondisi utuh dan layak. Selain itu, nilai frekuensi alami tanah di sekitar penyangga jembatan menunjukkan bahwa tanah tersebut adalah tanah tua dengan frekuensi alami 12,7489 Hz dan 13,6343 Hz, yang mendukung kestabilan dan keandalan pondasi jembatan. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa metode HVSR efektif dalam mengevaluasi kelayakan jembatan berdasarkan analisis frekuensi alami dan rasio redaman.

2.1.2 Uji Durabilitas Jembatan Kereta Api Dengan Menggunakan Analisis Mikrotremor

Maulana & Kusumawardani (2020) melakukan analisis getaran yang diakibatkan oleh kereta api yang melintas di atas Jembatan BH-9 Kaligawe di Semarang. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan frekuensi natural jembatan dan mengukur amplitudo getaran yang terjadi, dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan jembatan dalam menerima beban dinamis dari kereta api dan memastikan bahwa jembatan tersebut aman untuk digunakan.

Metode penelitian yang digunakan melibatkan pemasangan sensor *accelerometer* pada beberapa titik di gelagar jembatan dengan dua variasi perletakan yaitu di tengah bentang dan di sepertiga bentang. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan *software GeoDAS* dan *Geopsy* untuk mendapatkan nilai frekuensi natural dan amplitudo getaran. Penelitian dilakukan dengan mempersiapkan alat recorder yang terhubung ke laptop untuk merekam data mikrotremor, kemudian data tersebut diolah dan dianalisis menggunakan perangkat lunak yang sesuai.

Dari hasil pengolahan data menggunakan *software Geopsy* dapat dilihat grafik pada **Gambar 2.3** berikut.



Gambar 2.3 Frekuensi Natural Jembatan
(Maulana & Kusumawardani, 2020)

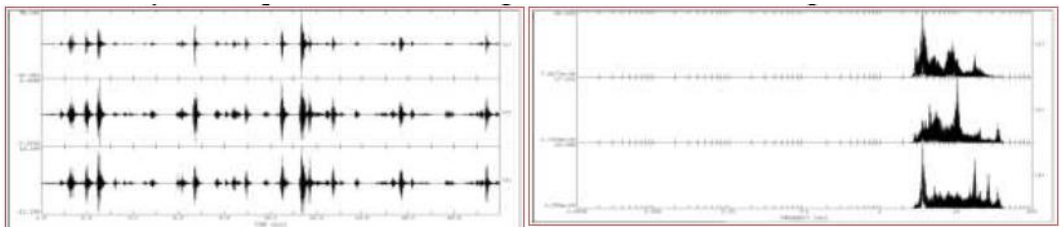
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai frekuensi natural jembatan tanpa beban adalah 0,78 Hz dengan amplitudo 1,88, sementara frekuensi natural saat kereta melintas berkisar antara 1,03 Hz hingga 5,77 Hz dengan amplitudo 1,70 hingga 4,14. Berdasarkan analisis tersebut, Jembatan BH-9 Kaligawe dinyatakan mampu menerima getaran dinamis dari kereta api, sehingga aman digunakan.

2.1.3 Analisis Frekuensi Resonansi Jembatan Bantar III Bantul Yogyakarta Terhadap Kejadian Gempabumi Yogyakarta

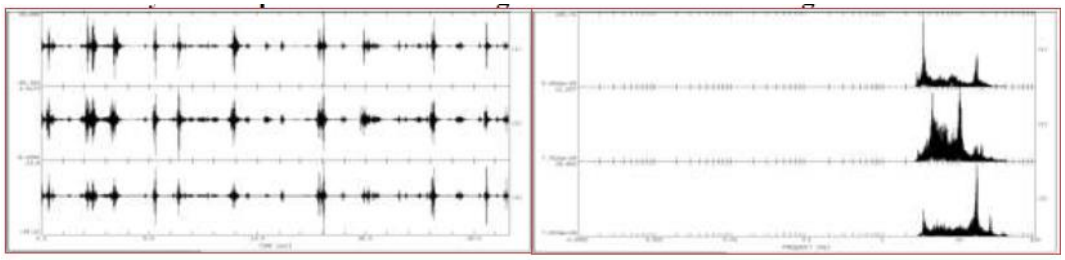
Demulawa *et al* (2022) melakukan penelitian yang berfokus pada analisis frekuensi alami Jembatan Bantar III Kali Progo yang terletak di Desa Argosari, Kapanewon Sedayu, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Jembatan ini adalah jembatan beton prategang dengan panjang 224,4 meter yang terbagi dalam enam bentang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi frekuensi alami jembatan dan membandingkannya dengan frekuensi gempa yang pernah terjadi di Yogyakarta.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai frekuensi alami Jembatan Bantar III dan mengevaluasi potensi resonansi yang dapat terjadi antara frekuensi alami jembatan dengan frekuensi gempa. Identifikasi frekuensi alami penting untuk memastikan stabilitas dan keamanan jembatan terhadap beban dinamis seperti gempa.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengambilan data menggunakan *Accelerometer* GPL-6A3P pada enam bentang jembatan. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 30 Juni 2011 dan 2 Juli 2011. Data yang diperoleh di lapangan berupa data sinyal getar tiap bentang yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4** sinyal dan spektrum frekuensi getaran jembatan bentang 1 dan pada **Gambar 2.5** sinyal dan spektrum frekuensi getaran jembatan bentang 2.

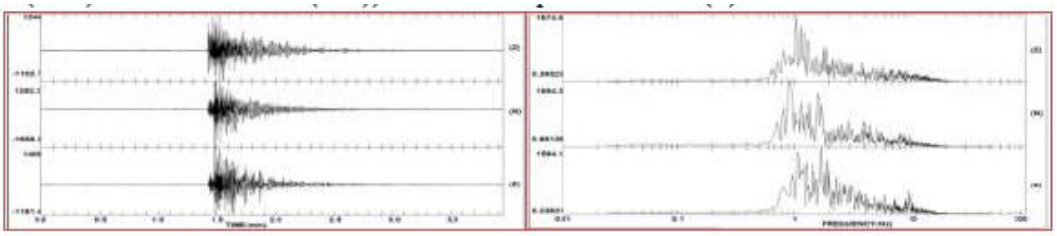


Gambar 2.4 Sinyal dan Spektrum Frekuensi Getaran Jembatan Bentang 1
(Demulawa et al., 2022)

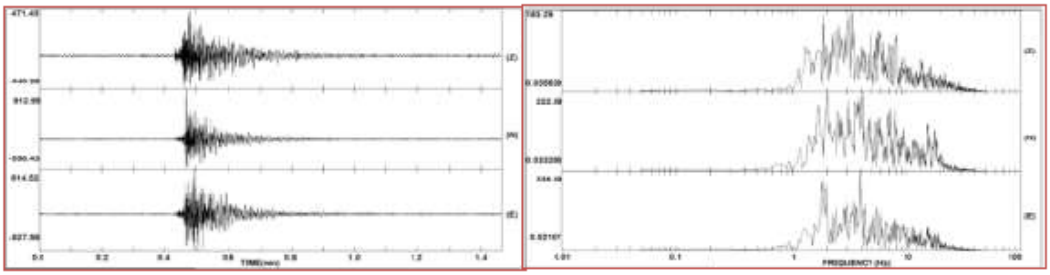


Gambar 2.5 Sinyal dan Spektrum Frekuensi Getaran Jembatan Bentang 2
(Demulawa et al., 2022)

Sebagai perbandingan diambil juga data sinyal rekaman yang sudah tersedia dari stasiun BMKG Yogyakarta dari gempa di Yogyakarta pada tahun 2009 dan 2010. Data tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.6** frekuensi gempa tanggal 19 Mei 2009 dan **Gambar 2.7** frekuensi gempa tanggal 24 Januari 2010.



Gambar 2.6 Frekuensi Gempa Tanggal 13 Mei 2009
(Demulawa et al., 2022)



Gambar 2.7 Frekuensi Gempa Tanggal 24 Januari 2010
(Demulawa et al., 2022)

Setelah dilakukan olah data menggunakan perangkat lunak menunjukkan bahwa frekuensi alami Jembatan Bantar III berada dalam rentang 3,5 Hz hingga 5 Hz. Frekuensi ini dibandingkan dengan frekuensi gempa yang pernah terjadi di Yogyakarta, yang berkisar antara 1 Hz hingga 3,3 Hz. Hasil ini menunjukkan bahwa frekuensi alami jembatan lebih tinggi dibandingkan dengan frekuensi gempa, sehingga peluang terjadinya resonansi sangat kecil.

2.1.4 Kajian Respon Jembatan Di Aceh Utara Terhadap Gempa Berdasarkan Data Mikrotremor

Mutaram *et al* (2022) telah penelitian ini dengan pengukuran microtremor untuk menentukan karakteristik dinamik jembatan di Aceh Utara, seperti frekuensi alami dan rasio redaman, dengan menggunakan analisis modal teoritis dan eksperimental. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan jembatan berdasarkan batas periode getar alami sesuai dengan SNI 2833-2008, serta untuk menilai kondisi integritas dan tingkat kekakuan struktur jembatan dalam menghadapi beban gempa.

Alat yang digunakan adalah sensor seismik Geobit Instruments model S-20 Near Broad Band. Data yang diperoleh dari pengukuran mikrotremor diolah menggunakan perangkat lunak *Geopsy* dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR). Analisis dilakukan dengan mengubah data spektrum fourier dari domain waktu ke domain frekuensi. Hasilnya dihaluskan dengan filter smoothing Konno-Ohmachi, dengan koefisien bandwidth 40 dan taper fungsi Gaussian 0,5, serta sampling frekuensi 1-10 Hz .

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa frekuensi natural tanah untuk jembatan rangka baja adalah 1,25 - 1,35 Hz dan untuk jembatan beton bertulang 1,11 - 1,47 Hz. Frekuensi natural jembatan rangka baja berkisar 0,81 - 3,46 Hz dengan rasio redaman 2,02 - 4,97%, sedangkan jembatan beton bertulang berkisar 2,21 - 3,62 Hz dengan rasio redaman 2,05 - 4,81%. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur jembatan di Aceh Utara memiliki kekakuan yang baik dan mampu menahan beban gempa sesuai dengan standar yang ditetapkan.

2.1.5 Evaluasi Kondisi Jembatan Kuranji dengan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio dan Pergerakan Partikel

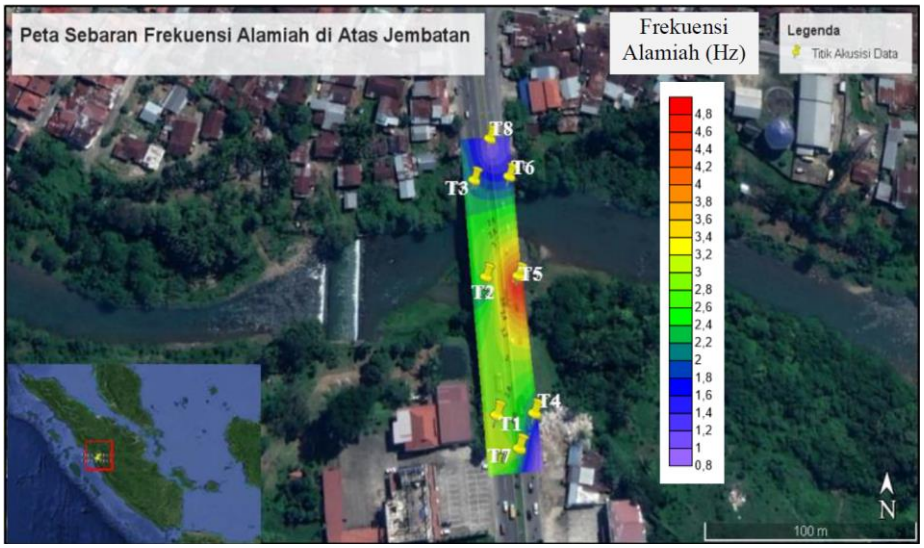
Annisa & Pohan (2023) melakukan penelitian mengenai evaluasi kondisi Jembatan Kuranji di Kota Padang menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) dan analisis pergerakan partikel. Penelitian ini dilakukan untuk menilai stabilitas dan kekuatan jembatan yang sering digunakan dan terletak di jalur yang padat kendaraan serta terancam oleh kegiatan penambangan pasir di sekitarnya. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kondisi struktur atas dan bawah jembatan serta menentukan arah pergerakan partikel yang dapat mempengaruhi stabilitas jembatan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi survei lokasi, penentuan titik akuisisi, pengambilan data menggunakan alat geophone, data logger, dan kabel penghubung, serta pengolahan data dengan perangkat lunak seperti *DataQ, Microsoft Excel, Notepad, dan Surfer*. Akuisisi data dilakukan pada berbagai titik di atas dan bawah jembatan lama dan baru, dengan durasi pengukuran selama 1 jam 30 menit di setiap titik. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode HVSR untuk menentukan frekuensi alamiah dan metode analisis pergerakan partikel untuk menentukan arah getaran.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai frekuensi alamiah jembatan lama adalah 3,420 Hz, sementara jembatan baru memiliki nilai 2,031 Hz. Nilai rasio frekuensi alamiah menunjukkan bahwa jembatan lama memiliki rasio 2,611%, mengindikasikan adanya cacat kecil yang memerlukan perawatan rutin. Sebaliknya, jembatan baru memiliki rasio 1,144%,

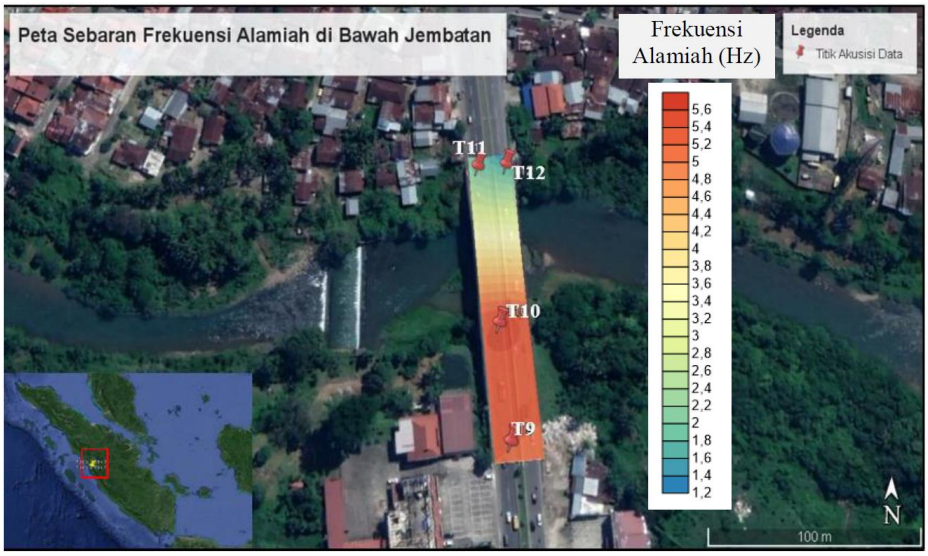
menunjukkan bahwa jembatan tersebut dalam kondisi baik secara struktural. Analisis metode pergerakan partikel mengungkap ketidakselarasan pergerakan antara struktur atas dan bawah jembatan.

Hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan kemudian data tersebut dilakukan *overlay* dengan peta akuisisi data untuk menggambarkan peta persebaran nilai frekuensi alamiah jembatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi alamiah jembatan Kuranji bervariasi di setiap titik akuisisi. Pada bagian atas jembatan, frekuensi alamiah tertinggi adalah 4,827 Hz di titik T5 pada jembatan baru yang sering menerima beban dari kendaraan yang berhenti akibat lampu lalu lintas, sedangkan frekuensi alamiah terendah adalah 0,892 Hz di titik T4. Frekuensi alamiah bagian atas jembatan lama berkisar antara 2,178 Hz hingga 3,204 Hz. Peta persebaran nilai frekuensi alamiah jembatan struktur atas dapat dilihat pada **Gambar 2.8** berikut.



Gambar 2.8 Peta Sebaran Frekuensi Alamiah di Atas Jembatan
(Annisa & Pohan, 2023)

Untuk bagian bawah struktur jembatan nilai frekuensi alamiah tertinggi di titik T10 yaitu 5,466 Hz, sedangkan nilai frekuensi terendah pada titik T4 yaitu 0,892 Hz. Peta persebaran nilai frekuensi alamiah jembatan struktur atas dapat dilihat pada **Gambar 2.9** berikut.



Gambar 2.9 Peta Sebaran Frekuensi Alamiah di Bawah Jembatan
(Annisa & Pohan, 2023)

Dari pengolahan data nilai frekuensi alamiah didapatkan nilai rasio frekuensi alamiah menunjukkan bahwa jembatan lama memiliki rasio 2,611%, mengindikasikan adanya cacat kecil yang memerlukan perawatan rutin. Sebaliknya, jembatan baru memiliki rasio 1,144%, menunjukkan bahwa jembatan tersebut dalam kondisi baik secara struktural. Dengan demikian, analisis menunjukkan bahwa struktur jembatan cukup kaku dan stabil, dengan keselarasan pergerakan partikel di beberapa titik menunjukkan kuatnya sambungan antar bangunan.

2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Dilakukan

Berikut beberapa penelitian yang sudah dijabarkan di atas dirangkum pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu					**Penelitian Sekarang**
Peneliti	**Oky Dwi Syaputra, Faizar Farid, Samsidar, Linda Handayani**	**Adib Maulana, Rini Kusumawardani**	**Meilan Demulawa, Dewa Gede Eka Setiawan, Muhamamad Yunus, Rusni R Rifai**	**Zaki Mutarama, Umar Muksinb, Yunita Idrisc**	**Nurul Annisa, Ahmad Fauzi Pohan**	**Naufal Isa Haidar**
Tahun	2019	2020	2022	2022	2023	2024
Judul Penelitian	Identifikasi Kelayakan Jembatan Batanghari II Kota Jambi Menggunakan Mikrotremor Dengan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR)	Uji Durabilitas Jembatan Kereta Api Dengan Menggunakan Analisis Mikrotremor	Analisis Frekuensi Resonasi Jembatan Bantar III Bantul Yogyakarta Terhadap Kejadian Gempabumi Yogyakarta	Kajian Respon Jembatan Di Aceh Utara Terhadap Gempa Berdasarkan Data Mikrotremor	Evaluasi Kondisi Jembatan Kuranji dengan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* dan Pergerakan Partikel	Analisis Kelayakan Jembatan Menggunakan Metode *Horizontal To Vertical Ratio (HVSR)* Studi Kasus Jembatan Dogongan Di Kabupaten Bantul
Tujuan Penelitian	1. Mengetahui nilai frekuensi natural (fo) Jembatan Batanghari II Kota Jambi dengan menggunakan metode HVSR. 2. Mengetahui nilai kelayakan Jembatan Batanghari II Kota Jambi	1. Mengetahui nilai percepatan getaran (Vs) jembatan kereta api akibat beban kereta api untuk arah x dan y. 2. Mengetahui nilai frekuensi natural (fo) struktur jembatan kereta api dan amplitude	1. Mengetahui nilai frekuensi natural (fo) Jembatan Bantar III Yogyakarta. 2. Mengetahui perbandingan frekuensi natural (fo) jembatan dengan frekuensi gempa di Yogyakarta.	1. Mengetahui nilai frekuensi natural tanah (fo) untuk jembatan rangka baja dan jembatan beton di Aceh Utara. 2. Frekuensi natural (fo) jembatan untuk	1. Mengetahui nilai frekuensi natural (fo) Jembatan Kuranji lama dan baru dengan menggunakan metode HVSR. 2. Mengetahui rasio frekuensi alami Jembatan Kuranji lama dan baru untuk menilai tingkat	1. Mengetahui nilai frekuensi natural (f0) Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul. 2. Mengetahui nilai frekuensi teoritis jembatan yang diambil dari permodelan *SAP2000.* 3. Mengetahui hasil kelayakan Jembatan Dogongan di Kabupaten Bantul yang ditinjau

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Dilakukan

Tujuan Penelitian	berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang berlaku 3. Mengetahui karakteristik tanah sekitar Jembatan Batanghari II Kota Jambi.	jembatan saat ada beban kereta api dan tidak ada beban.. 3. Mengetahui keamanan jembatan kereta api dengan membandingkan nilai frekuensi natural jembatan ketika dilewati beban kereta api dengan tidak ada beban	3. Mengetahui peluang terjadinya resonansi antara jembatan dan gempa.	jembatan rangka baja dan jembatan beton di Aceh Utara. 3. Mengetahui nilai rasio redaman jembatan rangka dan jembatan beton di Aceh Utara.	kelayakan jembatan. 3. Mengetahui arah gerakan partikel dan peta pergerakan partikel pada Jembatan Kuranji.	dari nilai frekuensi natural (f0) dan frekuensi teoritis
Hasil Penelitian	1. Nilai frekuensi alami Jembatan Batanghari II adalah 7.40441 Hz. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa frekuensi alami jembatan ini masih dalam batas yang aman dibandingkan dengan nilai standar frekuensi jembatan sebesar 7.675 Hz, sehingga	1. Nilai percepatan getaran (Vs) akibat beban kereta api untuk arah x dan y sebesar 0.36 m/s^2 - 1.37 m/s^2 dan 0.45 m/s^2 - 1.63 m/s^2. 2. Nilai frekuensi natural (fo) struktur jembatan dan amplitude jembatan saat ada beban kereta api sebesar 0,78	1. Nilai frekuensi natural (fo) Jembatan Bantar III Yogyakarta didapatkan bentang I dan bentang VI 5 Hz, bentang II dan bentang V 3,6 Hz, bentang III dan bentang IV 3,5 Hz 2. Frekuensi gempa Yogyakarta tahun 2009-2010 adalah 1,1 Hz – 3,3 Hz,	1. Nilai frekuensi natural tanah (fo) disekitar jembatan rangka baja sebesar 1,25 – 1,35 Hz dan jembatan beton 1,11-1,47 Hz. 2. Nilai frekuensi natural (fo) jembatan rangka baja sebesar 0.81-3,29 Hz sedangkan	1. Nilai frekuensi alamiah (fo) untuk jembatan lama dengan rata-rata 3,420 Hz dan jembatan baru memiliki nilai rata-rata sebesar 2,031 Hz. 2. Nilai rasio frekuensi alamiah jembatan lama memiliki rasio 2,611%, mengindikasikan	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Dilakukan

Hasil Penelitian	jembatan dinyatakan masih utuh secara struktural.II Kota Jambi. 2. Nilai kerusakan relatif Jembatan Batanghari II adalah 3.53%. Dapat disimpulkan bahwa jembatan dalam kondisi baik dan tidak mengalami kerusakan signifikan. 3. Termasuk kedalam klasifikasi tanah jenis 1 yang kondisi tanahnya merupakan batuan tersier atau yang lebih tua terdiri dari batuan *hard sandy* dan *gravel*.	Hz untuk frekuensi natural jembatan dan 1,88 untuk aplitudo. Sedangkan saat tidak ada beban sebesar 5,50 Hz untuk frekuensi natural dan 2,03 untuk amplitudonya. 3. Karena frekuensi beban kereta api berada di atas frekuensi natural jembatan tanpa beban, kemungkinan terjadinya resonansi adalah kecil, sehingga jembatan dapat dianggap aman.	lebih rendah dibandingkan frekuensi natural jembatan yang 3,5 Hz – 5 Hz. 3. Berdasarkan hasil perbandingan, peluang terjadinya resonansi antara frekuensi gempa dengan frekuensi natural jembatan sangat kecil. Hal ini dikarenakan frekuensi gempa yang tercatat (1,1 Hz – 3,3 Hz) berada di bawah frekuensi natural jembatan (3,5 Hz – 5 Hz), sehingga tidak terjadi amplifikasi resonansi yang signifikan pada jembatan Bantar III Yogyakarta.	untuk jembatan beton bertulang sebesar 2,21-3,62. 3. Rasio redaman jembatan rangka sebesar 2,02-4,97 % sedangka untuk jembatan beton bertulang sebesar 2,05-4,81 %	adanya cacat kecil yang memerlukan perawatan rutin dan jembatan baru memiliki rasio 1,144%, menunjukkan bahwa jembatan tersebut dalam kondisi baik secara struktural. 3. Pada metode pergerakan partikel, ditemukan ketidakselarasan pergerakan struktur atas dan bawah jembatan lama yang dikhawatirkan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur jembatan.	

Penelitian ini berfokus pada Jembatan Dogongan di Yogyakarta, sebuah jembatan rangka baja dengan bentang 120 meter, yang membedakannya dari penelitian sebelumnya adalah perbedaan jenis jembatan dan lokasi jembatan yang berbeda. Selain itu, penelitian ini menyertakan peta persebaran frekuensi natural untuk memberikan gambaran lebih menyeluruh mengenai distribusi kondisi struktural jembatan di wilayah tersebut. Dengan menggunakan metode HVSR dan analisis frekuensi teoritis menggunakan *software SAP2000*, penelitian ini memungkinkan perbandingan yang lebih detail antara nilai frekuensi natural dan teoritis, sehingga dapat mengidentifikasi tingkat kerusakan relatif struktur. Hasil penelitian diharapkan memberikan rekomendasi yang akurat untuk tindakan perbaikan atau penguatan struktur jembatan.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Jembatan

3.1.1 Definisi Jembatan

Jembatan adalah sebuah struktur yang dirancang untuk melintasi sungai, saluran air, lembah, jalur kereta api, atau jalan dengan perbedaan ketinggian, sehingga memudahkan pengguna jalan untuk menyeberang. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan, penting untuk mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk fungsi transportasi, persyaratan teknis, dan aspek estetika arsitektural. Hal ini mencakup analisis lalu lintas, evaluasi teknis, dan penilaian estetika untuk memastikan bahwa jembatan tidak hanya fungsional tetapi juga menarik secara visual.

Peran jembatan dalam kelancaran transportasi sangatlah vital. Seiring dengan perkembangan teknologi dan perekonomian, material yang digunakan dalam pembangunan jembatan telah mengalami banyak kemajuan. Bahan yang lebih kokoh dan tahan lama memungkinkan para insinyur untuk membangun jembatan yang lebih besar dan panjang. Teknologi modern memungkinkan desain yang lebih efisien dan aman, sehingga jembatan dapat menahan beban yang lebih berat dan bertahan lebih lama.

Selain sebagai infrastruktur penting, jembatan juga sering dijadikan ikon suatu negara atau kota. Desain jembatan yang memiliki nilai seni tinggi tidak hanya memberikan fungsi praktis, tetapi juga menjadi daya tarik wisata. Banyak jembatan terkenal di dunia yang menjadi tujuan wisatawan, berkat desain arsitekturnya yang unik dan memukau. Dengan demikian, jembatan tidak hanya melayani kebutuhan transportasi tetapi juga berkontribusi terhadap identitas dan daya tarik suatu daerah.

3.1.2 Jenis-Jenis Jembatan

Jembatan telah berkembang seiring waktu, menghasilkan berbagai tipe yang berbeda berdasarkan bentuk struktur, material, metode perencanaan, fabrikasi, dan

cara pelaksanaannya. Tipe-tipe jembatan ini dapat diklasifikasikan berdasarkan kegunaan, jenis material, kelas, dan jenis strukturnya. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing tipe jembatan.

1. Menurut kegunaannya

   Berikut adalah klasifikasi tipe jembatan berdasarkan kegunaan (Agus Iqbal Manu, 1995):

   a. Jembatan Jalan Raya
   b. Jembatan Penyeberangan atau Pejalan Kaki
   c. Jembatan Kereta Api
   d. Jembatan Jalan Air
   e. Jembatan Jalan Pipa

2. Menurut materialnya

   Berikut adalah klasifikasi tipe jembatan berdasarkan material kegunaan (Agus Iqbal Manu, 1995):

   a. Jembatan Kayu
   b. Jembatan Baja
   c. Jembatan Beton Bertulang
   d. Jembatan Beton Prategang
   e. Jembatan Komposit

3. Menurut kelasnya

   Berikut adalah klasifikasi tipe jembatan berdasarkan kelas kegunaan (Agus Iqbal Manu, 1995):

   a. Jembatan Permanen Kelas A

      Jembatan permanen kelas A memiliki lebar total 9 meter, yang terdiri dari badan jalan selebar 7 meter dan trotoar masing-masing 1 meter di kedua sisinya. Jembatan kelas ini dirancang untuk menahan beban lalu lintas BM-100, sehingga mampu mendukung volume dan berat kendaraan yang tinggi, seperti truk besar dan bus. Jembatan ini sering digunakan pada jalan utama atau arteri yang membutuhkan kapasitas besar dan tingkat keamanan yang tinggi.

b. Jembatan Permanen Kelas B

Jembatan permanen kelas B memiliki lebar total 7 meter, dengan badan jalan selebar 6 meter dan trotoar masing-masing 0,5 meter di kedua sisinya. Sama seperti kelas A, jembatan ini juga menggunakan beban lalu lintas BM-100. Namun, karena lebar yang lebih kecil, jembatan kelas B lebih cocok untuk jalan sekunder atau jalan dengan volume lalu lintas yang tidak terlalu tinggi.

c. Jembatan Permanen Kelas C

Jembatan permanen kelas C memiliki lebar total 4,5 meter, yang terdiri dari badan jalan selebar 3,5 meter dan trotoar masing-masing 0,5 meter di kedua sisinya. Jembatan ini dirancang untuk menahan beban lalu lintas BM-70, yang berarti lebih cocok untuk jalan dengan volume lalu lintas yang lebih rendah atau kendaraan yang lebih ringan. Jembatan kelas C sering digunakan di daerah pedesaan atau sebagai jembatan penghubung antar desa.

4. Menurut strukturnya

Berikut jenis strukturnya, tipe jembatan dibagi menjadi beberapa jenis (Agus Iqbal Manu, 1995):

a. Jembatan Pelat *(Slab Bridge)*

Jembatan pelat adalah jenis jembatan yang menggunakan sistem pelat beton sebagai elemen struktural utama. Pelat tersebut dapat berupa pelat satu arah atau dua arah tergantung pada bentang dan lebar jembatan. Berikut kelebihan dan kekurangannya.

1) Kelebihan

a) Jembatan pelat memiliki biaya konstruksi yang relatif rendah dibandingkan dengan jenis jembatan lainnya.

b) Desain dan konstruksinya cukup sederhana, sehingga mudah untuk dibangun dan dirawat.

2) Kekurangan

a) Jembatan ini hanya cocok untuk bentang pendek (0-15 meter), sehingga tidak dapat digunakan untuk jembatan yang membutuhkan bentang yang lebih panjang.

b. Jembatan Girder

Jembatan girder menggunakan balok sebagai elemen struktural utama. Balok tersebut dapat terbuat dari beton atau baja dan dapat dicor di tempat *(cast in-situ),* pracetak *(precast),* atau kombinasi keduanya. Jembatan ini terbagi menjadi tiga jenis yaitu

1) Balok T *(T-Beam Girder)*

Jembatan dengan girder balok “T” menggunakan balok yang berbentuk huruf "T". Balok ini biasanya berfungsi sebagai tumpuan dari pelat di atasnya, sehingga membentuk kombinasi yang kuat antara pelat dan balok. Panjang bentang sekitar 10-18 m.

2) Balok I *(I-Beam Girder)*

Jembatan dengan girder balok “I” menggunakan balok berbentuk huruf "I". Balok ini sering dibuat secara pracetak dengan sistem tulangan prategang, dirancang untuk menahan beban berat dan bentang yang lebih sekitar 25-40 m.

3) Box Girder

Jembatan dengan box girder menggunakan balok berbentuk kotak atau trapesium. Box girder biasanya dibuat dari beton pracetak atau baja dan cocok untuk bentang yang lebih panjang sekiatr 40-300 m.

Kelebihan dan kekurangan untuk tipe Girder sebagai berikut.

1) Kelebihan

a) Balok girder sering dibuat di pabrik dengan pengawasan mutu yang ketat, sehingga kualitasnya terjamin.

b) Dapat digunakan untuk berbagai jenis bentang, mulai dari pendek hingga menengah (10-300 meter).

2) Kekurangan
   a) Konstruksi jembatan girder memerlukan penggunaan alat berat untuk pemasangan balok-balok besar.
   b) Perawatan rutin diperlukan untuk memastikan daya tahan dan kinerja struktur tetap optimal.

c. Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja merupakan jembatan yang terdiri dari sejumlah batang baja yang dihubungkan satu sama lain dengan sambungan buhul di setiap ujungnya, membentuk struktur rangka yang biasanya berbentuk segitiga. Desain segitiga ini dikenal sebagai truss, yang memberikan kekuatan dan stabilitas tinggi pada jembatan. Struktur truss bekerja dengan cara mendistribusikan beban yang diterima melalui batang-batang rangka, yang kemudian menyalurkan gaya aksial tarik dan tekan pada batang-batang tersebut. Ini memungkinkan jembatan rangka baja untuk menahan beban berat dengan efisien dan sangat efektif untuk bentang menengah hingga panjang 40-200 meter. Berikut ini merupakan kelebihan dan kekurangan dari tipe jembatan rangka.

1) Kelebihan
   a) Efisiensi material dan ringan, membuatnya mudah untuk dipasang.
   b) Dapat digunakan untuk bentang menengah hingga panjang 40-200 meter.
2) Kekurangan
   a) Kinerja optimal tergantung pada panjang bentang dan konfigurasi rangka.

d. Jembatan Pelengkung *(Arch Bridge)*

Jembatan pelengkung menggunakan struktur lengkung sebagai elemen utama yang menahan beban. Bentuk lengkung jembatan ini menciptakan gaya tekan yang diteruskan ke *abutment* di kedua ujungnya, sehingga beban yang diterima didistribusikan secara merata sepanjang lengkungan. Jembatan pelengkung sering dipilih karena kekuatan strukturalnya yang unggul dan daya tahannya. Bentang jembatan pelengkung dapat mencapai

150-400 meter, menjadikannya pilihan ideal untuk lokasi yang membutuhkan jembatan panjang dengan desain yang menarik dan kokoh. Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari tipe jembatan pelengkung.

1) Kelebihan
    a) Cocok untuk bentang Panjang 150-400 m dan tinggi, terutama di atas lembah yang dalam.
    b) Memiliki nilai estetika yang tinggi, sering digunakan sebagai ikon arsitektural.
2) Kekurangan
    a) Memerlukan teknik konstruksi yang kompleks dan waktu pengerjaan yang lebih lama.

e. Jembatan Kabel *(Cable-Stayed)*

Jembatan kabel adalah jenis jembatan di mana dek jembatan ditopang langsung oleh kabel-kabel yang dihubungkan ke satu atau lebih menara atau *pylon*. Kabel-kabel ini terbuat dari baja berkekuatan tinggi dan diatur dalam pola yang memancar dari menara ke dek, menahan beban melalui gaya tarik. Desain ini memberikan stabilitas tinggi dan kemampuan untuk menahan beban berat, cocok untuk bentang panjang antara 200-500 meter. Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari tipe jembatan kabel.

1) Kelebihan
    a) Lebih stabil dibandingkan dengan jembatan gantung.
    b) Konstruksi yang ringan dan perawatan yang lebih mudah.
2) Kekurangan
    a) Memerlukan ketelitian tinggi selama proses konstruksi.
    b) Memerlukan perawatan yang intensif untuk memastikan keamanan dan kinerja struktur.

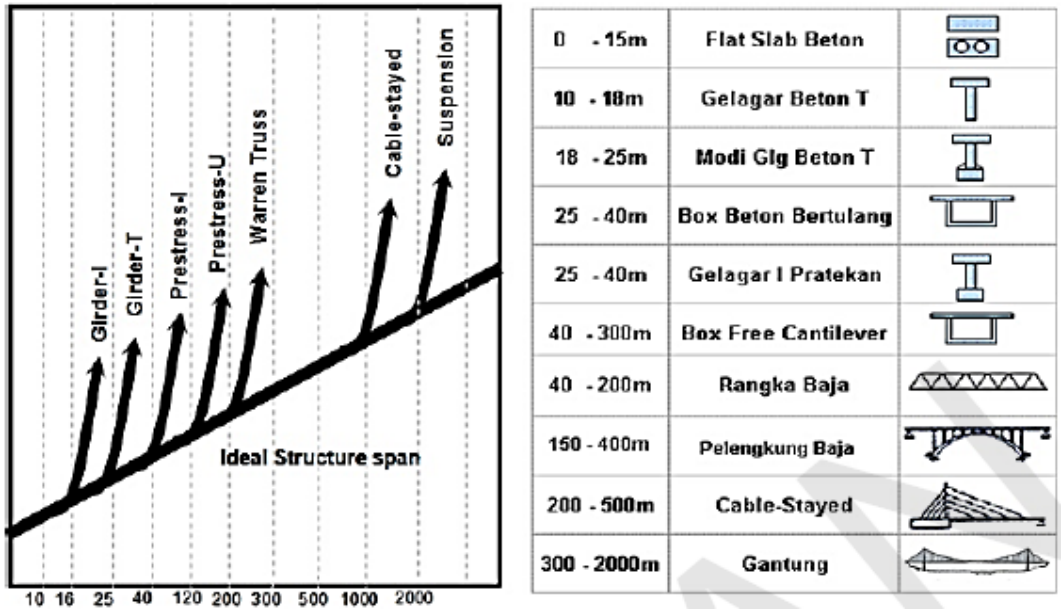
f. Jembatan Gantung *(Suspension Bridge)*

Jembatan gantung adalah jenis jembatan di mana dek ditopang oleh kabel utama yang digantungkan di antara dua atau lebih menara tinggi. Kabel utama ini dihubungkan dengan kabel vertikal atau suspender yang langsung

menopang dek jembatan. Desain ini memungkinkan jembatan gantung untuk menahan beban berat dan bentang yang sangat panjang, mencapai 300-2000 meter. Struktur jembatan gantung sangat efisien dalam mendistribusikan beban melalui kabel utama, menara, dan angkur di ujung jembatan. Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari tipe jembatan kabel.

1) Kelebihan
    a) Dapat digunakan untuk bentang panjang (300-2000 meter), ideal untuk menyeberangi selat atau sungai lebar.
    b) Memiliki nilai estetika yang tinggi dan sering dijadikan ikon arsitektural.
2) Kekurangan
    a) Rentan terhadap goyangan dan getaran yang disebabkan oleh angin jika tidak dirancang dengan kekakuan yang cukup.
    b) Memerlukan teknik dan alat khusus selama proses konstruksi.

Berikut ini adalah penentu jembatan berdasarkan bentangan jembatan yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.

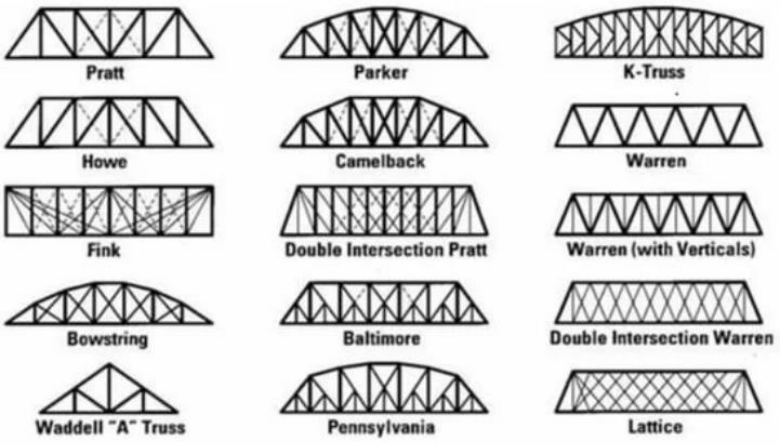


Gambar 3.1 Penentu Tipe Jembatan
(Sumber: Perencanaan Teknik Jembatan, 2021)

3.1.3 Tipe-tipe Jembatan Rangka Baja

Jembatan rangka baja merupakan jembatan yang terdiri dari batang-batang yang dihubungkan satu dengan yang lain dengan buhul pada setiap ujungnya. Beban pada jembatan tipe ini disalurkan melalui batang-batang yang ada secara aksial baik tarik maupun tekan. Jembatan rangka baja dapat digunakan baik secara lalu lintas atas maupun lalu lintas bawah. Berikut ini merupakan tipe-tipe jembatan rangka menurut konfigurasi jembatannya serta bentuk konfigurasi tersebut ditunjukan pada **Gambar 3.2.**

1. *Pratt Truss*
2. *Parker Truss*
3. *K-Truss*
4. *Howe Truss*
5. *Camelback Truss*
6. *Warren Truss*
7. *Fink Truss*
8. *Bowstring Truss*
9. *Baltimore Truss*
10. *Pennsyvania Truss*
11. *Double Intersection Warren*
12. *Waddell A Truss*



Gambar 3.2 Susunan Geometri Jembatan Rangka Baja
(Sumber: Ressler, 2001)

3.1.4 Material Baja

Baja adalah logam campuran yang terdiri dari besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utama. Semakin tinggi kandungan karbon dalam baja, semakin kuat baja tersebut. Baja memiliki ketahanan yang tinggi terhadap gaya tarik, tetapi lemah terhadap gaya tekan. Jika baja diberikan gaya tekan yang berlebihan, maka dapat terjadi risiko tekuk atau puntir. Menurut RSNI T-03-2005, sifat mekanik baja struktural yang digunakan dalam perencanaan jembatan harus memenuhi persyaratan minimum tertentu. Sifat-sifat mekanik baja struktural tersebut dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum Fu (MPa)	Tegangan Leleh Minimum Fy (MPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber: RSNI T-03, 2005)

Sifat-sifat mekanis baja lainnya yang ditetapkan untuk perencanaan jembatan menurut RSNI T-03-2005 adalah sebagai berikut.

1. Modulus Elastisitas : E = 200.000 MPa
2. Modulus Geser : G = 80.000 MPa
3. Angka Poison : $\mu = 0,3$
4. Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ per °C

3.1.5 Material Beton

Menurut RSNI T-12-2005, beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, yang membentuk massa padat. Campuran beton ini awalnya bersifat plastis, kemudian mengeras seiring waktu melalui proses kimia antara

semen dan air, membentuk pasta semen yang mengikat agregat-agregat menjadi satu kesatuan yang homogen.

Beton adalah material yang sangat tahan terhadap gaya tekan. Seiring bertambahnya usia beton, kekuatan tekannya juga meningkat. Beton mampu menahan gaya tarik sekitar 9-15% dari kekuatan tekannya. Namun, beton bersifat getas, sehingga dalam konstruksi diperlukan penambahan baja tulangan agar bersifat daktail, terutama saat menerima beban gempa.

3.1.6 Pembebanan Jembatan

Untuk menganalisis jembatan, beban-beban yang ditanggung jembatan harus diperhitungkan dan direncanakan sesuai dengan peraturan standarisasi yang berlaku karena akan berdampak pada struktur jembatan. Dasar peraturan yang digunakan dan berlaku di Indonesia yaitu SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan.

1. Beban Permanen

Beban permanen dalam struktur jembatan merujuk pada beban tetap yang secara permanen diterapkan pada jembatan selama masa operasionalnya. Beban permanen terdiri dari berat sendiri struktur dan beban mati tambahan.

1) Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri dalam pembebanan struktur jembatan mengacu pada beban yang dihasilkan oleh massa dari semua komponen struktural jembatan maupun elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Berat sendiri dihitung berdasarkan kerapatan massa dan berat isi yang dapat dilihat pada **Tabel 3.2** dan faktor beban untuk berat sendiri pada **Tabel 3.3** berikut.

Tabel 3.2 Berat isi untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat isi (kN/m³)	Kerapatan massa (kg/m³)
1	Lapisan permukaan beraspal (*bituminous wearing surfaces*)	22,0	2245
2	Besi tuang (*cast iron*)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (*compacted sand, silt or clay*)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (*rolled gravel, macadam or ballast*)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (*asphalt concrete*)	22,0	2245
6	Beton ringan (*low density*)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton f'_c < 35 MPa	22,0-25,0	2320
	35 < f'_c <105 MPa	22 + 0,022 f'_c	2240 + 2,29 f'_c
8	Baja (*steel*)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (*hard wood*)	11,0	1125

(Sumber: SNI 1725:2016)

Tabel 3.3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

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

(Sumber: SNI 1725:2016)

2) Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan dalam pembebanan struktur jembatan adalah beban tetap yang ditambahkan ke struktur setelah konstruksi utama selesai, yang bukan merupakan elemen nonstruktural. Contohnya seperti penambahan lapisan aspal *(Overlay)* pada permukaan jembatan. Faktor beban mati tambahan dapat dilihat pada **Tabel 3.4** berikut.

Tabel 3.4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

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

(Sumber: SNI 1725:2016)

2. Beban Sementara

Beban sementara adalah beban yang diakibatkan dari pembebanan berulang yang bersifat sementara. Beban ini terdiri sebagai berikut.

1) Beban Lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT). Kedua jenis beban ini akan digabungkan dalam perhitungan beban lajur pada jembatan. Nilai BTR terdiri dari intensitas beban q kPa yang dipengaruhi oleh panjang bentang jembatan yang akan dibangun. Penentuan besaran nilai q untuk BGT dan distribusi beban lajur ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.

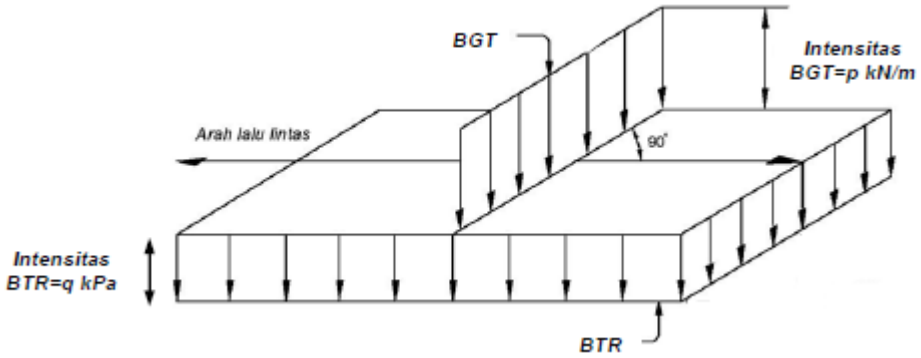
Jika $L \leq 30$ m, maka $q = 9{,}0$ kPa (3.1)

Jika $L > 30$ m, maka $q = 9{,}0 \left(0{,}5 + \frac{15}{L}\right)$ kPa (3.2)

Dimana:

q = Intensitas beban terbagi rata (BGT) dalam arah memanjang dalam satuan kPa;

L = Panjang total bentang jembatan yang dibebani dalam meter

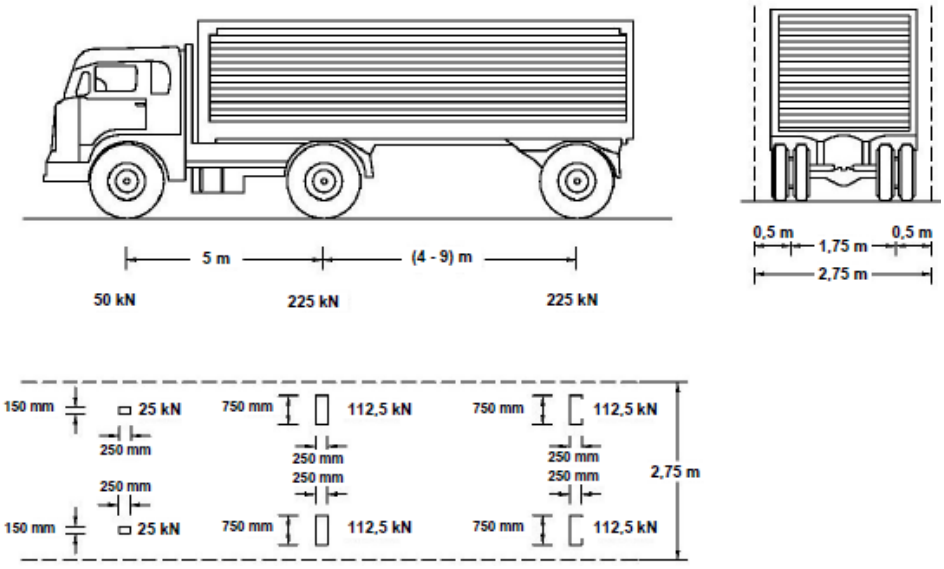


Gambar 3.3 Beban Lajur "D"
(Sumber: SNI 1725:2016)

Beban "D" harus diletakkan secara melintang terhadap arah lalu lintas agar mendapatkan mendapatkan momen maksimum.

2) Beban Truk "T"

Beban truk "T" tersusun atas kendaraan *semi-trailer* yang terdiri dari beberapa gandar dengan persebaran 2 beban merata sama besar sebagai bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak dari 2 gandar dapat diubah-ubah dari 4,0 m – 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Persebaran beban tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.4** berikut.



Gambar 3.4 Beban Truk "T"
(Sumber: SNI 1725:2016)

3) Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) dalam perencanaan pembebanan jembatan adalah parameter yang digunakan untuk mengakomodasi efek tambahan yang dihasilkan dari interaksi antara kendaraan yang bergerak dan struktur jembatan. FBD dapat disebut beban statis ekivalen dalam perencanaan. Besarnya FBD bervariasi tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. 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 dengan dikali FBD.

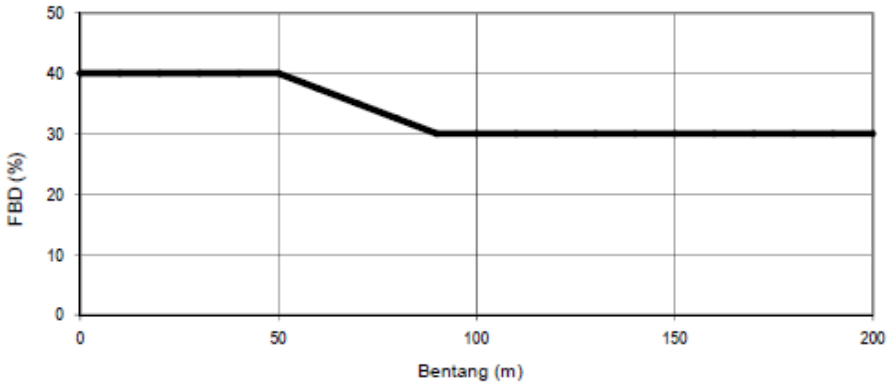
Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. BTR dalam pembebanan “D” tidak dikali FBD. Untuk pembebanan “D” FBD merupakan fungsi Panjang bentang ekuivalen yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5**. Untuk bentang tunggal Panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekivalen Le digunakan rumusan sebagai berikut.

$$L_e = \sqrt{L_{av} \times L_{max}} \tag{3.3}$$

Keterangan:

L_{av} adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

L_{max} adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus



Gambar 3.5 Faktor Beban Dinamis (FBD)
(Sumber: SNI 1725:2016)

4) Gaya Rem (TB)

Gaya rem ditempatkan pada semua jalur lalu lintas sesuai dengan arah geraknya. Gaya ini dianggap bekerja secara horizontal pada ketinggian 1800 mm di atas permukaan jalan. Nilai gaya rem harus diambil dari yang terbesar di antara dua kondisi berikut:

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

5) Beban Pejalan Kaki (TP)

Beban pejalan kaki adalah beban yang terjadi pada trotoar jembatan dengan lebar lebih dari 600 mm, dengan intensitas 5 kPa, dan dianggap bekerja bersamaan dengan beban kendaraan di lajur lalu lintas. Jika ada kemungkinan trotoar diubah menjadi jalur kendaraan di masa depan, maka beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam parapet untuk perencanaan komponen jembatan lainnya.

3.1.7 Penentuan Material Jembatan

Penentuan material jembatan berdasarkan Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting. Pedoman tersebut menyediakan informasi mengenai standar kualitas material struktur jembatan berdasarkan tahun pembangunannya, mencakup material seperti beton, baja tulangan, dan baja

struktur. Rincian mengenai mutu beton dapat dilihat pada **Tabel 3.5**, sedangkan spesifikasi baja struktur tercantum dalam **Tabel 3.6**.

Tabel 3.5 Kuat Tekan Minimum Beton Berdasarkan Tahun Pembangunannya

Tahun pembangunan jembatan	Beton bertulang	Beton pratekan
	Kuat Tekan MPa	Kuat Tekan MPa
Sebelum 1970	20	Tidak ada
Sesudah 1970	22	35

(Sumber: Pedoman Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting)

Tabel 3.6 Karakteristik Struktur Baja Berdasarkan Tahun Pembangunan

Tahun konstruksi	Tegangan leleh minimum, f_yMPa	Tegangan tarik ultimit, f_uMPa
sebelum tahun 1970	230	340
Setelah tahun 1970	250	360

(Sumber: Pedoman Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting)

3.1.8 Penilaian Kondisi Jembatan

Evaluasi kondisi jembatan merupakan langkah krusial dalam menjamin keamanan dan kelayakan struktur selama masa layanannya. Berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor: Pt T-05-2002-B, proses ini mencakup analisis menyeluruh terhadap berbagai elemen jembatan, baik struktural maupun non-struktural. Pedoman tersebut memberikan panduan sistematis terkait metode inspeksi, kriteria penilaian, serta langkah-langkah perbaikan yang dapat dilakukan jika ditemukan kerusakan.

Tahap awal dalam penilaian kondisi jembatan adalah inspeksi visual, yang berfungsi untuk mengidentifikasi berbagai jenis kerusakan yang tampak, seperti retak, korosi, deformasi, atau cacat lainnya pada elemen jembatan. Selain itu, penggunaan teknologi inspeksi non-destruktif juga direkomendasikan untuk memperoleh data lebih akurat mengenai kondisi internal struktur.

Sebagai alternatif dalam menilai kelayakan jembatan, pengujian mikrotremor dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik dinamis struktur. Perhitungan frekuensi teoritis jembatan dilakukan guna memahami respons struktur terhadap eksitasi getaran.

Analisis frekuensi memegang peran penting dalam evaluasi kondisi jembatan sebagaimana diatur dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor: Pt T-05-2002-B. Analisis ini bertujuan untuk mengkaji respons dinamis jembatan terhadap beban getaran serta potensi resonansi yang dapat mempengaruhi stabilitas dan integritas strukturalnya. Nilai kerusakan struktur dapat dihitung menggunakan **Persamaan 3.4** berikut.

$$D_{relatif} = \left|\frac{(f_{teoritis} - f_{aktual})}{f_{teoritis}}\right| \times 100\% \quad (3.4)$$

Dimana:

$D_{relatif}$ = nilai kerusakan struktural relatif (%)

F_{aktual} = frekuensi alami struktur (Hz)

$F_{teoritis}$ = frekuensi alami teoritis (Hz)

Kriteria penilaian kondisi jembatan dapat dilihat pada **Tabel 3.7** berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bagunan Nomor: Pt T-05-2002-B tentang penilaian kondisi jembatan.

Tabel 3.7 Penilaian Kondisi Bangunan Jembatan

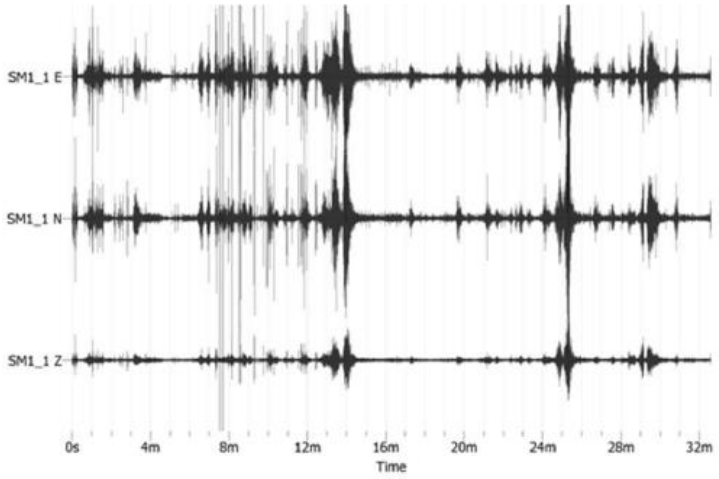
Nilai Kondisi	Jenis Kerusakan	Nilai Kerusakan relatif D_{rel}	Nilai penurunan kapasitas D_{cap}
baik	utuh	0%- 5%	0%- 10%
cukup	rusak ringan (non struktural)	6%- 10%	11 - 20%
sedang	rusak ringan (struktural)	11%- 17%	21% - 34%
buruk	rusak berat (struktural)	18% - 20%	35% - 40%

(Pedoman Konstruksi dan Bagunan Nomor: Pt T-05-2002-B)

3.2 Mikrotremor

Analisis mikrotremor merupakan suatu analisis yang digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu bangunan tanpa merusak strukturnya (Herak, 2011). Mikrotremor atau bisa disebut *ambient nose* adalah getaran kecil atau gempa kecil di tanah atau permukaan struktur yang disebabkan oleh angin, gelombang laut, pasang surut, mesin industri, mobil, aktivitas manusia dan lain sebagainya (Sungkono *et al*., 2011).

Hasil dari perekaman mikrotremor berupa sinyal dalam bentuk domain waktu yaitu vertikal (Z), Utara-Selatan (N-S), Timur-Barat (E-W) yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6** berikut.

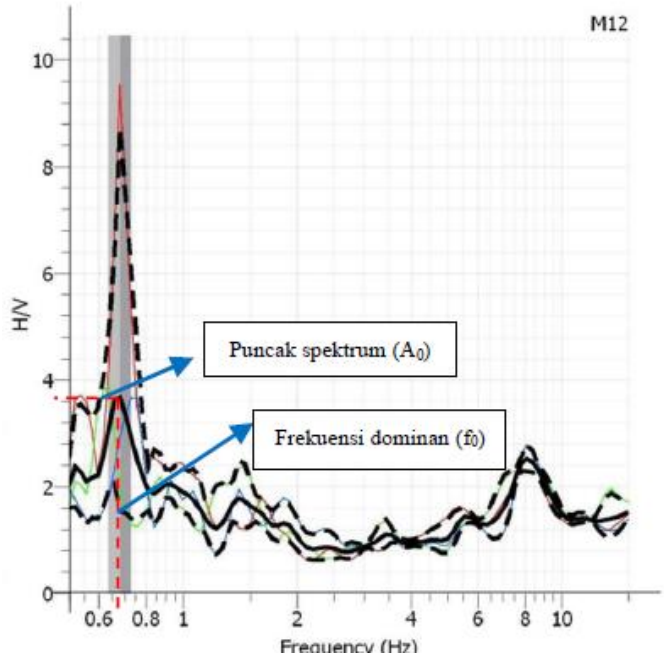


Gambar 3.6 Hasil Perekaman Mikrotremor
(Partono et al., 2013)

3.3 Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)*

Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)* merupakan metode geofisika yang efektif dan sederhana dengan memanfaatkan pengukuran mikrotremor yang dilakukan secara langsung (Fat-helbary *et al*., 2019). Metode ini bekerja dengan cara membandingkan antara komponen horizontal dan komponen vertikal dari hasil perekaman mikrotremor (Nakamura, 2000). Metode HVSR menggunakan tiga arah komponen gelombang yaitu satu komponen vertikal *(Up-Down)* dan dua komponen horizontal *(East-West* dan *North-South)* yang

selanjutnya diolah yang akan mendapatkan grafik hubungan antara H/V dengan frekuensi. Hasil dari analisis HVSR diperoleh nilai frekuensi natural atau alamiah dan amplifikasi. Hasil kurva HVSR dapat dilihat pada **Gambar 3.7** berikut.



Gambar 3.7 Kurva HVSR
(Partono et al., 2013)

Data yang digunakan untuk analisis metode HVSR *(Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio)* adalah data mikrotremor. Data ini diperoleh melalui penelitian lapangan langsung. Pengukuran mikrotremor dilakukan menggunakan seismograf, yang mencatat tiga komponen getaran: komponen horizontal timur-barat (EW), komponen horizontal utara-selatan (NS), dan komponen vertikal (atas-bawah). Setelah data mikrotremor dikumpulkan, rasio spektrum mikrotremor dapat dihitung menggunakan **Persamaan 3.5** berikut ini.

$$\text{HVSR} = T_{SITE} = \frac{\sqrt{(SH_{North-South})^2+(SH_{East-West})^2}}{S_{VS}} \quad (3.5)$$

Dimana:

T_{SITE} = Rasio spektrum mikrotremor

$SH_{North-South}$ = Sinyal horizontal arah utara dan selatan

$SH_{East\text{-}West}$ = Sinyal horizontal arah timur dan barat

S_{VS} = Sinyal vertikal

3.4 Frekuensi Natural Struktur (f0)

Frekuensi natural struktur adalah frekuensi dimana struktur tersebut akan bergetar sebagai respon terhadap gaya/gangguan. Frekuensi natural pada bangunan dapat digunakan untuk memperkirakan kerentanannya terhadap kerusakan akibat gempa bumi dan untuk mengetahui efek lokal di sekitar bangunan (Gosar, 2010). Faktor-faktor yang mempengaruhi frekuensi natural meliputi material, geometri, jenis dukungan, dan distribusi massa serta kekakuan pada jembatan.

3.5 Frekuensi Teoritis

Frekuensi teoritis merupakan frekuensi alami di mana suatu jembatan cenderung bergetar tanpa adanya pengaruh eksternal. Setiap struktur memiliki frekuensi alami yang dipengaruhi oleh massa, kekakuan, dan distribusi massanya. Pemahaman terhadap nilai ini sangat penting untuk mencegah resonansi, yaitu kondisi ketika frekuensi beban eksternal mendekati atau sama dengan frekuensi alami struktur, yang dapat meningkatkan risiko kerusakan hingga menyebabkan kegagalan total. Untuk menentukan frekuensi teoritis jembatan, dapat dilakukan perhitungan analitis atau pemodelan numerik menggunakan perangkat lunak seperti *SAP2000,* yang memungkinkan analisis lebih akurat terhadap respons dinamis struktur.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Jembatan Dogongan yang terletak di Jl. Imogiri-Siluk, Kapanewon Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Berikut merupakan lokasi penelitian yang terlampir pada **Gambar 4.1.**



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2024)

4.2 Data Yang Diperlukan

Metode penelitian sangat penting dilakukan dalam sebuah penelitian. Salah satu elemen penting dalam penelitian adalah pengumpulan data untuk analisis struktur jembatan. Data yang dibutuhkan mencakup panjang dan lebar jembatan, dimensi gelagar, serta tipe struktur Jembatan Dogongan. Data ini diperoleh melalui pengukuran langsung di lokasi jembatan.

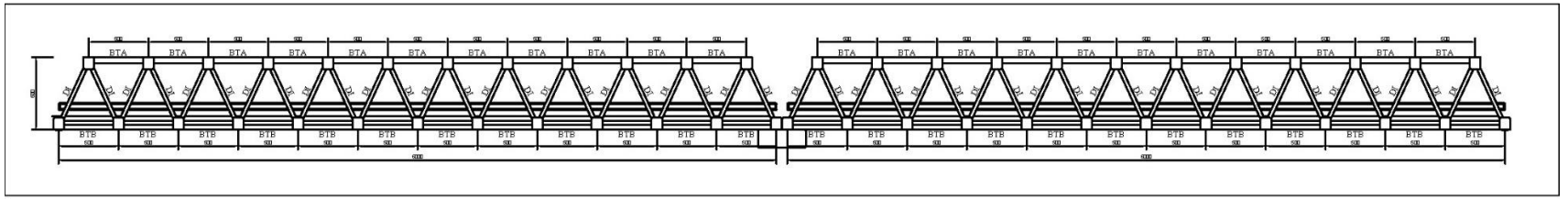
4.2.1 Data Dimensi Jembatan

Berikut merupakan data dimensi jembatan yang diperoleh dari pengukuran di lapangan

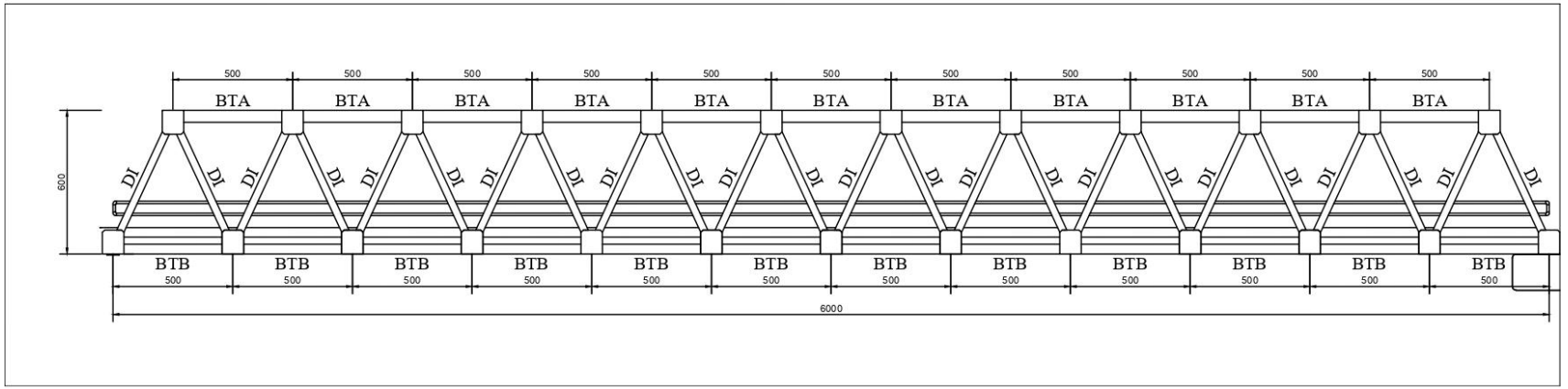
Panjang Jembatan Rangka	= 120 m
Jumlah Lajur	= 2 lajur
Lebar Jalur Kendaraan	= 7 m
Lebar Jembatan	= 9 m
Tinggi Jembatan	= 6 m
Lebar Trotoar	= 1 m
Tinggi Trotoar	= 200 mm
Tebal Plat Lantai	= 300 mm

4.2.2 Data Profil Jembatan

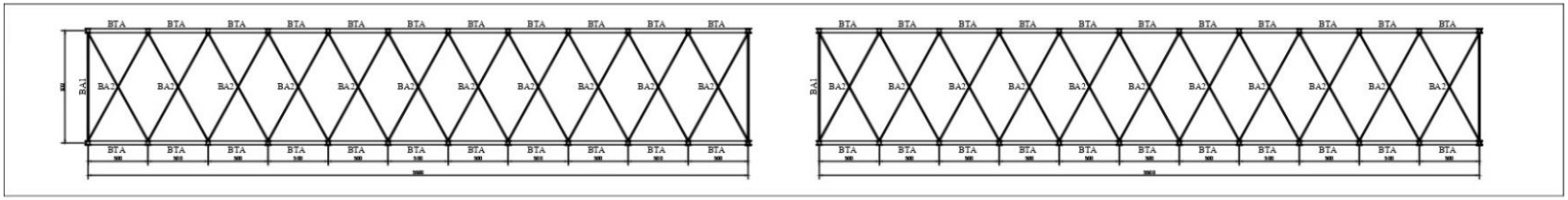
Data profil Jembatan Dogongan pada penelitian ini bersumber pada pengukuran langsung di lapangan. Berdasarkan data yang diperoleh Jembatan Dogongan menggunakan beberapa profil dalam komponen rangkanya, Sebagian besar profil yang digunakan pada jembatan ini adalah profil WF



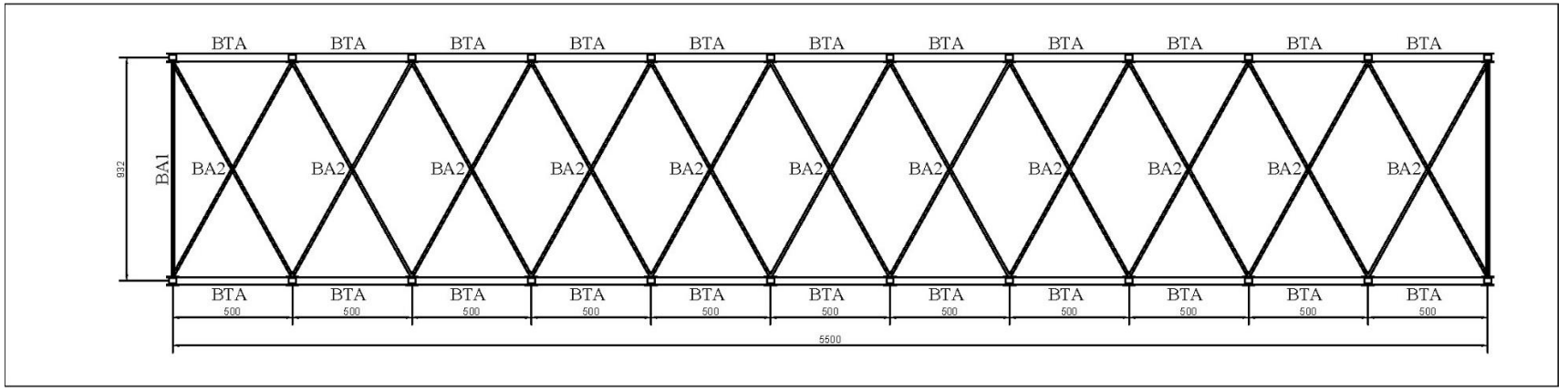
Gambar 4.2 Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Samping



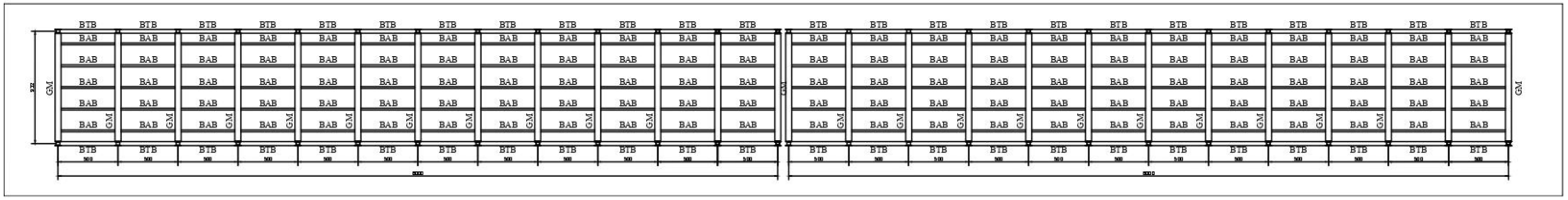
Gambar 4.3 Detail Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Samping



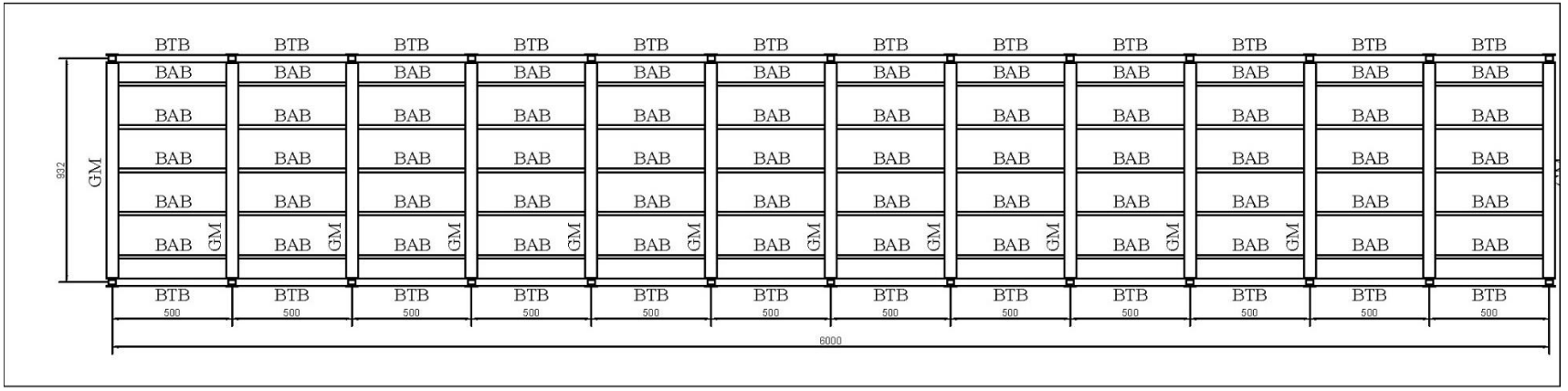
Gambar 4.4 Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Atas



Gambar 4.5 Detail Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Atas



Gambar 4.6 Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Bawah



Gambar 4.7 Detail Kodefikasi Rangka Jembatan Dogongan Tampak Bawah



Gambar 4.8 Visualisasi 3D Jembatan

Berikut merupakan dimensi tiap profil rangka baja.

Tabel 4.1 Dimensi Profil Rangka

Rekapitulasi Profil Baja		
Kode	**Dimensi**	**Jenis**
BA1	150x100x10x10	WF
BA2	150x150x10x10	H
BTA	320x300x20x19	WF
BTB	320x300x20x19	WF
D1	320x300x20x22	WF
GM	900x150x10x26	WF
BAB	450x150x10x12	WF

4.2.3 Material Jembatan

Jembatan Dogongan terdiri dari dua jenis material utama, yaitu beton dan baja. Dalam penelitian ini, efek komposit antara kedua material tidak diperhitungkan, sehingga hanya mutu baja yang digunakan dalam analisis. Namun, untuk keperluan pemodelan pelat lantai jembatan, mutu beton tetap diperlukan. Oleh karena itu, penelitian ini mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting sebagai referensi utama.

Berdasarkan pedoman tersebut, untuk jembatan yang dibangun setelah tahun 1970, kuat tekan beton bertulang pada pelat lantai ditetapkan sebesar 22 MPa. Sementara itu, mutu material baja ditentukan berdasarkan karakteristik struktur baja sesuai tahun pembangunannya, sebagaimana tercantum dalam Tabel 7 Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting. Dengan mengacu pada pedoman tersebut, mutu material baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Mutu Beton (f'c) = 22 MPa
Tegangan Putus (fu) = 360 MPa
Tegangan Leleh (fy) = 250 MPa

4.3 Peralatan

Peralatan atau instrument yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat lunak *(Software)* dan perangkat keras *(Hardware)*

1. Perangkat Lunak *(Software)*

   Adapun Perangkat lunak atau *software* yang digunakan adalah sebagai berikut.

   a. *Google Maps* berfungsi untuk menentukan titik lokasi penelitian dan penunjuk arah.
   b. *Surfer* berfungsi sebagai pembuatan peta persebaran frekuensi natural.
   c. *Microsoft Excel 365* berfungsi untuk konversi koordinat yang akan dipindahkan ke google maps.
   d. *Microsoft Word 365* berfungsi untuk menyusun laporan.
   e. Web Lunitek berfungsi untuk mengatur instrument.
   f. *Sesarry-Geopsy* berfungsi untuk menginversi dan menganalisis kurva H/V
   g. *AutoCAD* 2019 berfungsi sebagai pembuatan desain 2D dari tampak struktur jembatan dan pembuatan desain letak penempatan titik-titik penelitian.
   h. *SAP2000* untuk melakukan analisis struktur pada jembatan.
   i. *Skechup* untuk melakukan permodelan gambar 3D struktur jembatan.

2. Perangkat Keras (*Hardware)*

   Adapun perangkat keras atau software yang digunakan adalah sebagai berikut.

   a. *Digital Seismic Sensor Triton 5s* berfungsi untuk mengukur dan menyimpan getaran tanah pada setiap titik penelitian.
   b. *Blue Suitcase* berfungsi untuk menyimpan dan mengamankan Digital seismic Sensor agar terhindar dari guncangan saat dibawa.
   c. *WIFI Antenna* atau *Ethernet Cable* berfungsi untuk koneksi antar instrument.
   d. USB berfungsi untuk menyimpan data penelitian.
   e. Adaptor + *power cable to AC.*
   f. *GPS Antenna* berfungsi untuk menentukan posisi titik penelitian.
   g. *Battery type* 18650 34000 mAh 3,7V berfungsi sebagai sumber daya alat pengukuran yang digunakan.
   h. Laptop yang berfungsi untuk sarana penghubung dan analisis data.

Untuk mengetahui Gambaran lengkap perangkat keras dapat dilihat pada **Gambar 4.9**



Blue Suitcase



Triton 5s



WIFI Antenna



Adaptor + power



GPS antena



USB



Laptop



Baterai



Ethernet Cable



Meteran laser



Jangka sorong



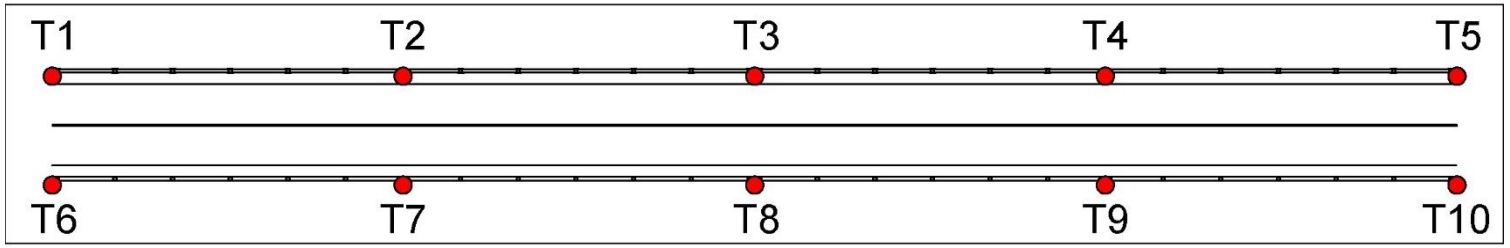
Meteran roll

Gambar 4.9 Perangkat Keras (Hardware)

4.4 Teknik Pengumpulan Data

Langkah awal yang dilakukan sebelum penelitian adalah melakukan desain untuk penentuan titik penelitian. Proses pembuatan desain letak penempatan titik menggunakan bantuan *software AutoCAD*. Perencanaan lokasi penentuan titik ini

pada bagian struktur atas jembatan pada tiap tumpuan dan tengah bentang. Titik penelitian tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4.10 Titik Penelitian Pada Struktur Atas

Pengambilan data mikrotremor dilakukan secara langsung di lokasi penelitian pada titik-titik yang telah ditentukan sebelumnya. Setiap titik pengukuran memerlukan waktu sekitar ±30 menit agar data yang diperoleh lebih akurat. Proses ini harus mengikuti pedoman yang telah ditetapkan oleh SESAME *European Research Project*, yang mencakup standar serta ketentuan khusus dalam pengukuran mikrotremor, sebagaimana tercantum dalam **Tabel 4.2.**

Tabel 4.2 Standar dan Syarat Pengukuran SESAME

Jenis Parameter	Saran yang dianjurkan	
Durasi Pencatatan	F0 minimum yang diharapkan (Hz)	Durasi pencatatan minimum yang disarankan (menit)
	0,2	30
	0,5	20
	1	10
	2	5
	5	3
	10	2
Coupling soil – sensor alami (in situ)	1. Atur sensor langsung pada permukaan tanah 2. Hindari menempatkan sensor seismograf pada permukaan tanah yang lunak (lumpur dan semak – semak) atau tanah lunak setelah hujan	
Coupling soil – sensor buatan atau artificial	1. Hindari lempengan yang terbuat dari material lunak seperti karet atau busa 2. Pada kemiringan yang curam di mana sulit mendapatkan kedataran sensor yang baik maka pasang sensor pada timbunan pasir atau wadah yang diisi pasir	
Keberadaan bangunan atau pohon	1. Suhu : Mengecek kondisi sensor dan mengikuti penjelasan pabrik 2. Hujan : Hindari pengukuran pada saat hujan lebat 3. Angin : Lindungi sensor ketika kecepatan angin lebih dari 5 *m/s*	
Sumber Gangguan	1. Sumber monokromatik : Hindari pengukuran dekat dengan mesin, industri, pompa air, dan generator 2. Sumber sementara : Jika terdapat gangguan seperti langkah kaki dan kendaraan yang melintas maka tambahkan durasi pengukuran	

(Sumber: SESAME 2004)

4.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi struktural Jembatan Dogongan di Yogyakarta melalui analisis frekuensi natural menggunakan metode HVSR dan pemodelan teoritis dengan SAP2000. Tahapan penelitian mencakup studi literatur, pengumpulan data geometri, pengukuran mikrotremor, pengolahan data dengan Geopsy dan Surfer, serta analisis perbandingan frekuensi natural dan teoritis. Hasilnya diharapkan memberikan gambaran kondisi struktur jembatan dan rekomendasi teknis untuk perbaikan atau penguatan.

1. Tahap persiapan yaitu melakukan studi literatur untuk memahami teori dan metode terkait HVSR, analisis frekuensi natural, dan pemodelan struktur jembatan.
2. Penentuan lokasi penelitian yang dilakukan di Jembatan Dogongan di Yogyakarta sebagai objek penelitian berdasarkan kriteria teknis dan relevansi.
3. Survey Data Geometri Jembatan dan Penentuan Titik Uji Penelitian
    a) Mengumpulkan data geometris jembatan, termasuk dimensi, material, dan elemen struktural lainnya.
    b) Menentukan titik-titik uji pada jembatan untuk pengukuran mikrotremor.
    c) Membuat pemodelan struktur jembatan berdasarkan data geometri menggunakan *software SAP2000.*
4. Pengambilan data mikrotremor lapangan di titik-titik uji yang telah ditentukan menggunakan alat *triton 5s.*
5. Pengolahan Data Mikrotremor dengan Software Geopsy
    a) Mengolah data mikrotremor untuk menghasilkan kurva HVSR dan menentukan nilai frekuensi natural jembatan.
    b) Menggunakan *software Surfer* untuk memvisualisasikan hasil pengolahan dalam bentuk peta persebaran frekuensi natural jembatan.
6. Penilaian kondisi jembatan dengan membandingkan nilai frekuensi natural dari *Geopsy* dengan nilai frekuensi teoritis yang diperoleh dari pemodelan *SAP2000* untuk menilai kondisi struktural jembatan.

7. Kesimpulan dan Saran

Menyusun kesimpulan dari hasil penelitian, yang disesuaikan dengan tujuan penelitian yang telah dibuat. Adapun saran yang dibuat untuk penelitian penelitian selanjutnya.

4.6 Pengolahan Data

4.6.1 Data Mikrotremor

Data yang diperoleh dari penelitian lapangan diolah menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR). Hasil pengukuran akan menghasilkan tiga komponen getaran yaitu gelombang horizontal EW *(east-west),* gelombang horizontal NS *(north-south),* dan gelombang vertikal *(up-down),* yang kemudian disimpan dalam format file .mseed. Selanjutnya, data mikrotremor tersebut diproses melalui *windowing* dan *cutting.* Proses ini bertujuan untuk membagi dan memilih sinyal yang bersih dari gangguan secara manual menggunakan *software Geopsy*, hingga diperoleh kurva H/V.

4.6.2 Perhitungan Frekuensi Natural (f0)

Data yang telah diolah dari pengukuran mikrotremor kemudian diproses menggunakan *software Geopsy* untuk menghasilkan kurva H/V. Dari kurva H/V ini, parameter penting seperti frekuensi natural (f0) dapat ditentukan. Tahapan pengolahan data dengan metode HVSR menggunakan *Geopsy* adalah sebagai berikut:

1. Buka *software Geopsy*, pilih file, dan *import signal*. Kemudian atur *seed stream* menggunakan IP *Instrument* 19.168.0.100 *(Wi-Fi)* atau 192.168.1.100 *(Ethernet).*
2. *Connect* dan pilih format SHE, SHN, SHZ.
3. Lakukan penyaringan sinyal *(filtering)* dengan *band pass* 0,5 Hz – 10 Hz.
4. Pada *windows seed link signal loader geopsy*, pilih *start*. Kemudian tekan tombol pada *toolbar. Software* akan secara otomatis memilih dan mengolah sinyal berdasarkan waktu.

5. Pilih *time window* yang mencakup panjang *(length)* dan rentang waktu mulai hingga maksimum *window*. Klik kanan pada tiga komponen data, pilih HV, klik *exactly* pada kolom *length*, centang opsi *anti triggers on raw signal*, dan di kolom *select* pilih *auto*, lalu klik *start.*
6. Proses pengolahan data akan menyesuaikan dengan *windows* untuk secara otomatis memilah parameter yang diperlukan. Klik *start* untuk memulai perhitungan HVSR.
7. Simpan *output* kurva H/V yang dihasilkan dalam format dengan ekstensi .HV.

4.6.3 Perhitungan Frekuensi Teoritis

Data yang didapatkan kemudian dimodelkan untuk mendapatkan nilai frekuensi teoritis. Berikut langkah-langkah mendapatkan nilai frekuensi menggunakan *software SAP 2000.*

1. Persiapan Data dan Pemilihan Satuan
   a) Mengumpulkan data geometris, material, dan beban yang diperlukan untuk analisis. Data ini harus sesuai dengan standar pembebanan yang berlaku.
   b) Membuka *SAP2000* dan pilih satuan yang sesuai (meter, kilonewton, dll.) untuk pemodelan.
2. Pemodelan Struktur Jembatan
   a) Membuat model struktur berdasarkan data geometris yang telah dikumpulkan.
   b) Mendefinisikan material yang akan digunakan, seperti beton atau baja, melalui *Define > Materials.*
   c) Menentukan properti penampang untuk elemen-elemen struktural seperti batang-batang baja yang sesuai ukurannya, melalui *Define > Frame Properties.*
3. Penerapan Beban dan *Boundary Conditions*
   a) Mendefinisikan beban yang bekerja pada struktur, seperti beban mati dan beban hidup/beban lalu lintas, sesuai dengan standar SNI 1725:2016 melalui *Define > Load Patterns.*

b) Menerapkan beban-beban tersebut pada elemen-elemen struktur melalui *Assign > Loads.*

c) Mendefinisikan kondisi perbatasan *(boundary conditions)* yang mencakup penentuan titik-titik tumpuan dan sambungan pada elemen-elemen jembatan

4. Analisis frekuensi

a) Untuk mendapatkan frekuensi alami (natural frequencies) dan mode shapes struktur, perlu menjalankan analisis modal. Ini dapat dilakukan melalui *Define > Analysis Cases > Modal.*

b) Menentukan jumlah mode yang ingin dianalisis.

c) Menjalankan analisis dengan memilih *Analyze > Run Analysis.*

d) Setelah selesai analisis, frekuensi struktur dan *mode shapes* dari struktur akan terlihat.

5. Memvisualisasikan *mode shapes*

a) Untuk memvisualisasikan *mode shape* dengan memilih *Display > Show Deformed Shape*

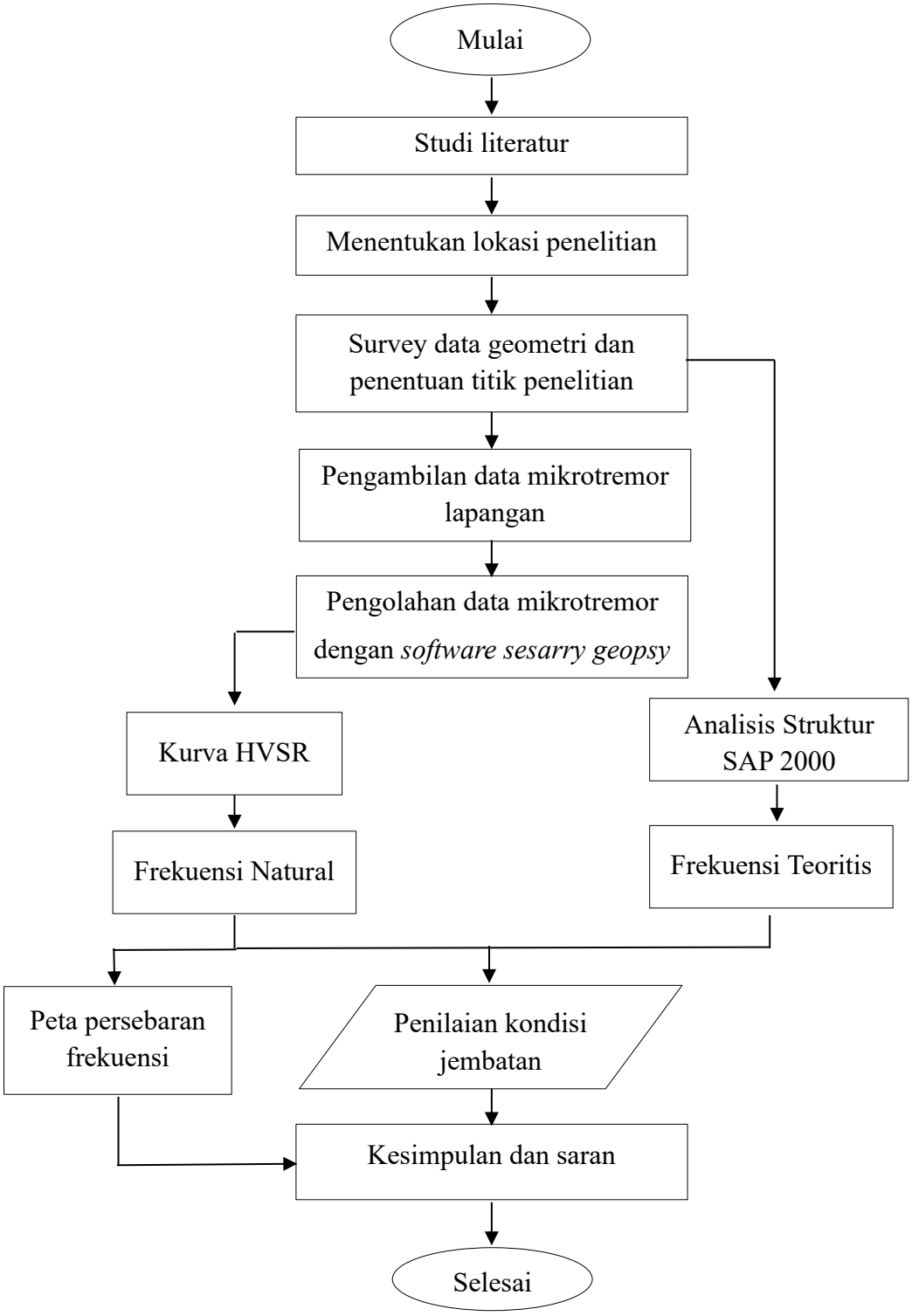
4.6.4 Peta Persebaran Frekuensi Jembatan

Peta persebaran frekuensi jembatan yang dihasilkan melalui pengolahan data menggunakan *software Surfer* memberikan gambaran visual tentang distribusi frekuensi natural di sepanjang struktur jembatan. Berikut langkah-langkah untuk mendapatkan peta persebaran struktur jembatan.

1. Mempersiapkan titik koordinat penelitian dan frekuensi dalam fomat excel.
2. Membuka *Surfer* dan impor data dalam format excel yang sudah dibuat.
3. Menentukan metode *gridding (Kriging, Natural Neighbor, dll.).*
4. Memilih dan gunakan opsi *"Contour"* untuk membuat peta persebaran.
5. Menerapkan *colormap* dan tambahkan label frekuensi.
6. Menyimpan peta dalam format .srf dan ekspor ke .png atau .jpeg.
7. Analisis peta untuk mengidentifikasi area frekuensi tinggi.

4.7 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 4.12.**



Gambar 4.11 Diagram Alur Penelitian

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Analisis HVSR

5.1.1 Pengambilan Data di Lapangan

Pengambilan data mikrotremor dilakukan di lokasi lapangan pada titik-titik koordinat yang telah ditentukan sebelumnya. Pelaksanaan dilakukan pada saat malam hari karena perekaman harus dilakukan saat kondisi lalu lintas senggang. Proses ini melibatkan perekaman getaran struktur menggunakan perangkat *mikrotremor Lunitek Digital Seismik Sensor Triton 5s* menyesuaikan dengan panduan SESAME. Titik pengukuran ditentukan pada bagian struktur atas jembatan, yaitu di setiap tumpuan dan di tengah bentang. Setelah lokasi titik ditentukan, langkah selanjutnya adalah mempersiapkan instrumen alat. Proses persiapan instrumen ini dapat dilihat pada **Gambar 5.1** berikut.



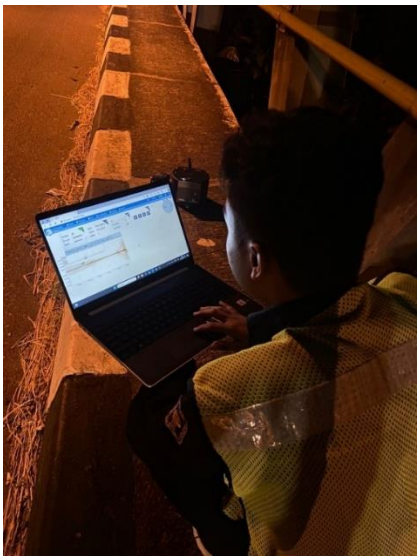
Gambar 5.1 Persiapan Instrumen Alat Pengukuran Mikrometer

Langkah berikutnya adalah meletakkan perangkat pada permukaan trotoar yang datar, memastikan alat sejajar dengan arah utara sesuai mata angin, dan menyesuaikan nivo atau gelembung agar berada di tengah dengan mengatur posisi kaki-kaki pada perangkat Triton 5s. Setelah itu, sambungkan kabel GPS, kabel ethernet, antena Wi-Fi, dan baterai. Setelah seluruh komponen terpasang, instrumen siap untuk merekam getaran struktur. Proses ini dapat dilihat pada **Gambar 5.2.**



Gambar 5.2 Instrumen Alat

Setelah perangkat diaktifkan, langkah berikutnya adalah menghubungkannya dengan perangkat lunak Lunitek untuk memulai perekaman data. Proses perekaman berlangsung selama kurang lebih 30 menit. Tahapan perekaman ini dapat dilihat pada **Gambar 5.3.**



Gambar 5.3 Proses Perekaman Sinyal Mikrotremor

Data yang dihasilkan dari pembacaan alat mikrotremor berupa data mentah yang mencakup tiga komponen gelombang seismik. Data tersebut disimpan dalam format file SHZ.mseed, SHN.mseed, dan SHE.mseed.

5.1.2 Analisis Data

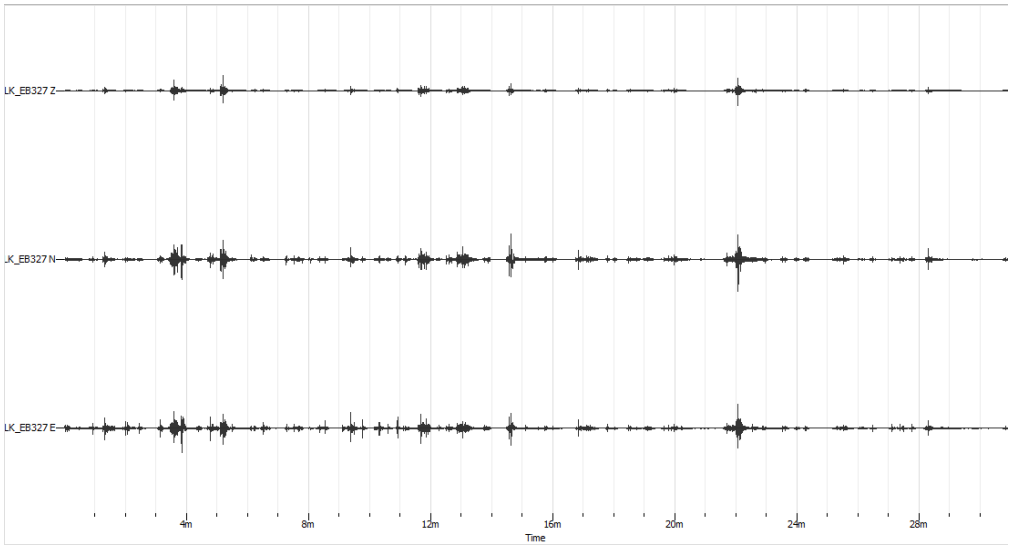
Penelitian yang dilakukan di Jembatan Dogongan Kabupaten Bantul ini mendapatkan nilai akhir berupa nilai frekuensi natural (f0). Penelitian tersebut dilakukan pada 10 titik pengukuran mikrotremor pada struktur atas yang dapat dilihat pada **Gambar 5.4**.



Gambar 5.4 Titik Pengukuran Mikrotremor

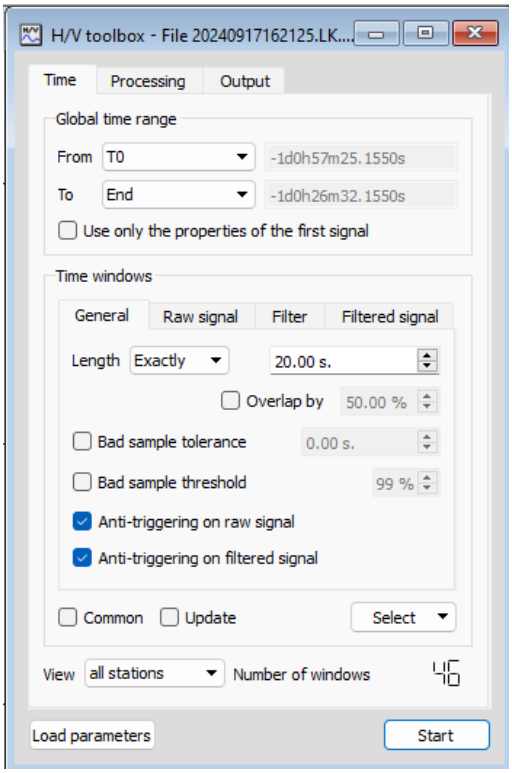
Dari hasil pengukuran menggunakan alat Triton 5s, diperoleh data sinyal gelombang seismik dalam tiga format file, yaitu SHZ.mseed, SHN.mseed, dan SHE.mseed. Data tersebut kemudian diolah menggunakan *software Geopsy*, yang menghasilkan tiga grafik komponen gelombang, yaitu komponen vertikal,

horizontal *north-south*, dan horizontal *east-west*. Hasil pengolahan sinyal dengan *Geopsy* dapat dilihat pada **Gambar 5.5.**

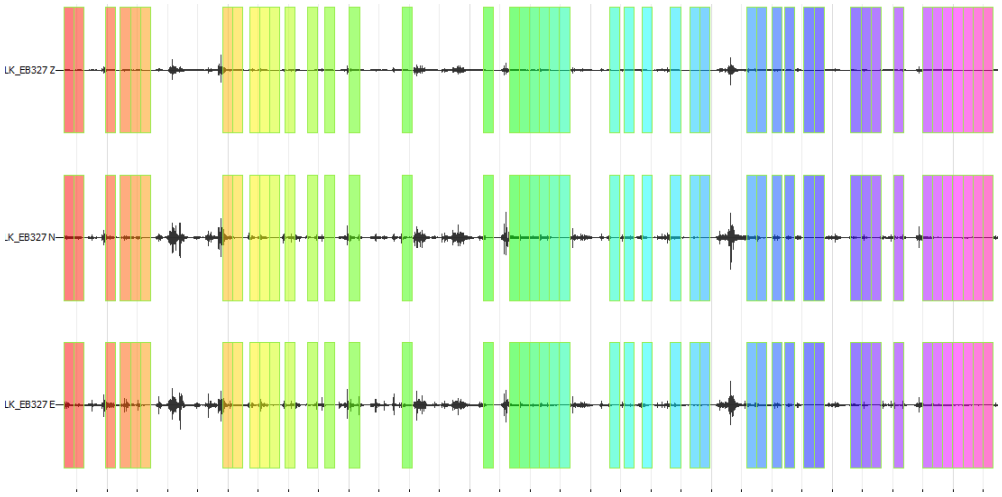


Gambar 5.5 Grafik Pengolahan Data Sinyal Mikrotremor Titik 4 Menggunakan *Software Geopsy*

Setelah memasukkan ketiga komponen data tersebut, dilakukan proses *filtering option* dan *windowing* untuk memilih gelombang sinyal yang bebas dari *noise*. Pemilihan gelombang sinyal ini dilakukan karena selama pengambilan data di lapangan terdapat getaran yang tidak hanya berasal dari struktur jembatan, tetapi juga dari aktivitas di sekitar, seperti aktivitas manusia atau getaran benda lain dan lalu lintas kendaraan. Proses pemilihan *window* menggunakan metode *auto* dengan panjang grafik 20 detik, kemudian dilanjutkan dengan *filter* manual untuk menghilangkan *noise* yang tersisa. Contoh proses *filtering* dan *windowing* pada titik 4 dapat dilihat pada **Gambar 5.6** dan **Gambar 5.7**.

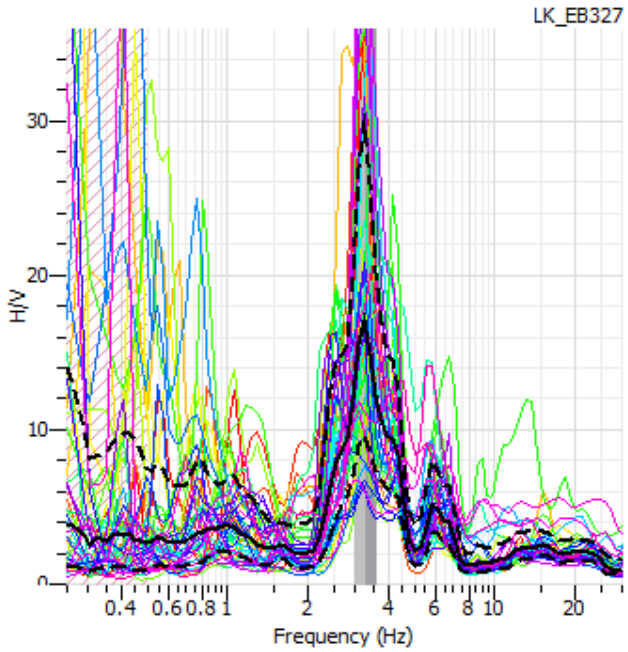


Gambar 5.6 Filtering Option Untuk Windowing Sinyal Mikrotremor Titik 4



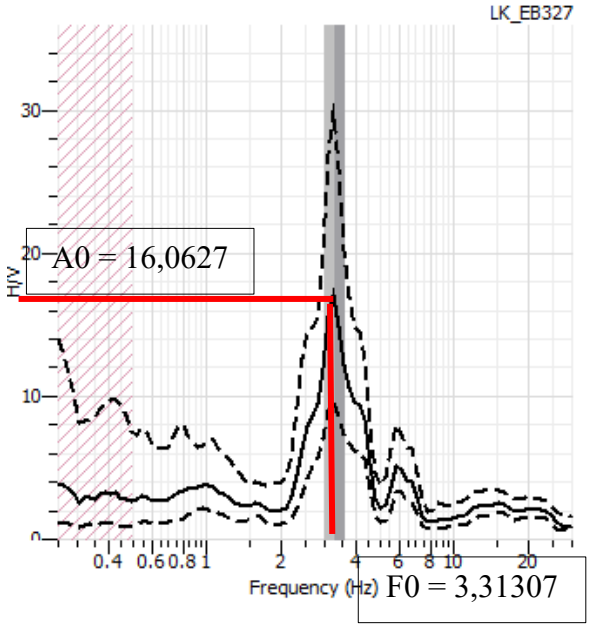
Gambar 5.7 Windowing Sinyal Mikrotremor Titik 4

Selanjutnya, dilakukan analisis H/V untuk menghasilkan kurva HVSR seperti yang ditampilkan pada **Gambar 5.8.**



Gambar 5.8 Grafik HVSR Titik 4

Kurva HVSR tersebut merupakan output dari proses penyaringan dan pemotongan jendela pada data sinyal mikrotremor di titik 4. Nilai frekuensi natural (f0) diperoleh dari hasil analisis kurva HVSR, yang dapat dilihat pada puncak grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.9.**



Gambar 5.9 Grafik Nilai f0 Titik 4

5.1.3 Nilai Frekuensi Natural Jembatan

Hasil analisis nilai frekuensi natural jembatan yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan *software Geopsy.* Data diambil dari beberapa titik pengukuran pada struktur jembatan, yang kemudian diolah dan diambil dari kurva HVSR. Berikut nilai frekuensi natural pada Jembatan Dogongan dapat dilihat pada **Tabel 5.1** dibawah ini.

Tabel 5.1 Nilai Frekuensi Jembatan

Titik	Posisi	Frekuensi Alami Jembatan (Hz)
T1	Struktur Atas Jembatan	0,356
T2		3,303
T3		0,386
T4		3,313
T5		0,322
T6		0,337
T7		4,986
T8		0,358
T9		5,076
T10		0,357

5.2 Analisis Frekuensi Teoritis Jembatan *SAP2000*

5.2.1 Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan berguna untuk menentukan respon dinamik dari struktur jembatan. Pembebanan jembatan mengacu dari pedoman SNI 1725:2016 yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban dinamik seperti beban kendaraan. Analisis dengan *software SAP2000* bertujuan untuk mendapatkan frekuensi teoritis struktur jembatan. Berikut adalah pembebanan jembatan sesuai pedoman tersebut.

1. Beban Permanen

Beban permanen adalah beban tetap pada struktur yang sudah ada dari awal pembangunan.

1) Berat mati sendiri (Ms)

Berat mati sendiri adalah berat dari semua elemen struktur jembatan seperti rangka baja dan pelat lantai kendaraan. Hasil yang didapatkan dari *software SAP2000* sebesar 5599,846 kN.

	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
▶	MS	LinStatic	-4.377E-12	-6.935E-12	5599.846

Gambar 5.10 Output Berat Mati Sendiri

2) Beban mati tambahan

Beban mati tambahan merupakan semuan beban dari elemen nonstruktural. Untuk perhitungan dari beban mati tambahan diantaranya sebagai berikut.

a. Lapisan Aspal + Overlay

Tebal Aspal + Overlay = 0,05 m

Berat Jemis Aspal = 22 kN/m^3

Beban Akibat Aspal = 2 x 0,05 x 22

= 2,2 kN/m^2

Maka pada pelat lantai diberi beban aspal sebesar 2,2 kN/m^2. Berikut pembebanan yang dilakukan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.11.**



Gambar 5.11 Pembebanan Aspal+*Overlay* Pada Pelat

b. Trotoar

Besar beban trotoar dihitung tiap 5 m yang akan dibebankan pada setiap titik buhul menjadi beban titik.

Tebal trotoar = 0,2 m

Panjang tinjauan = 5 m

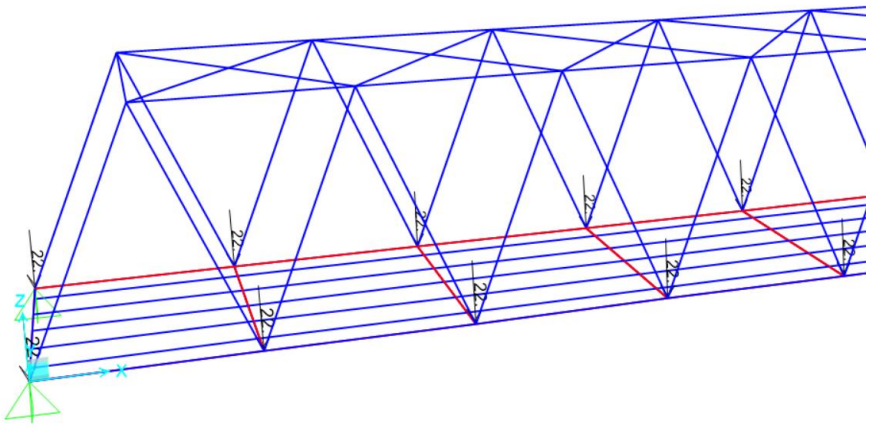
Lebar trotoar = 1 m

Berat jenis beton = 22 kN/m^3

Beban akibat trotoar = 0,2 x 5 x 1 x 22

= 22 kN

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui besar nilai beban titik akibat trotoar di tiap buhul sebesar 22 kN. Berikut pembebanan yang dilakukan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.12.**



Gambar 5.12 Pembebanan Trotoar

c. Pipa Railing

Jembatan memiliki dua baris pipa railing yang panjangnya dihitung berdasarkan segmen jembatan, kemudian dibagi ke setiap titik buhul.

Panjang pipa railing = 60 m

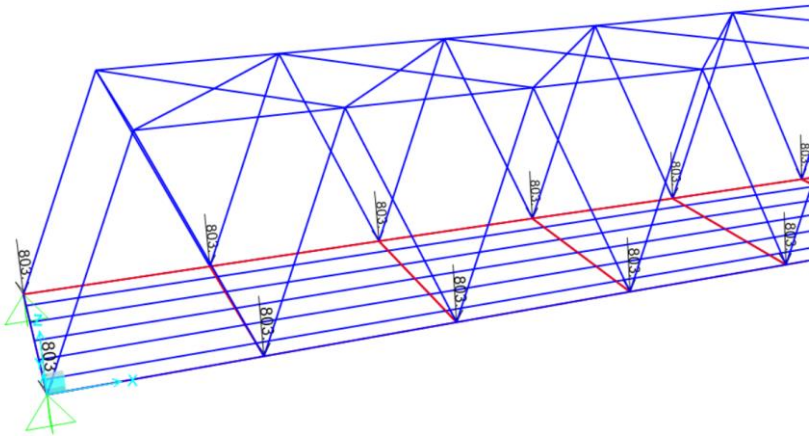
Jumlah titik buhul = 13

Berat jenis pipa railing = 0,087 kN/m

Beban akibat pipa railing $= \frac{2 \times 60 \times 0{,}087}{13}$

= 0,803 kN

Hal ini dapat diketahui bahwa besar nilai beban akibat pipa railing sebesar 0,803 kN. Berikut pembebanan yang dilakukan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.13.**



Gambar 5.13 Pembebanan Pipa Railing

2. Beban Lalu Lintas

Penentuan pembebanan lalu lintas mengacu pada SNI 1725:2016 mengenai pembebanan jembatan yang mencakup kombinasi beban lajur, gaya rem, serta beban akibat pejalan kaki.

1) Beban Lajur "D" (TD)

a. Beban Terbagi Merata (BTR)

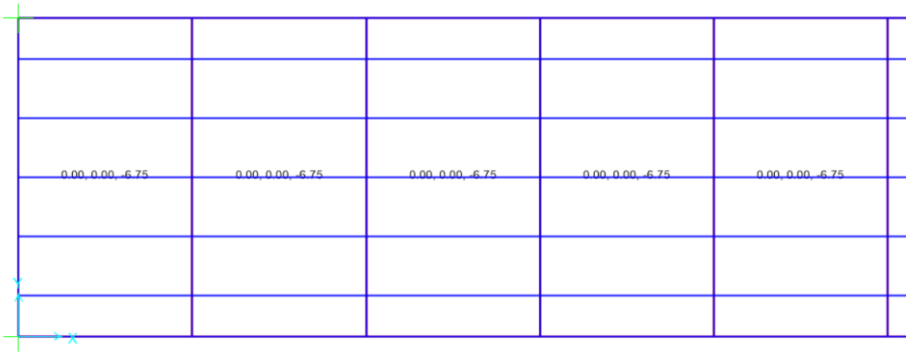
Panjang bentang jembatan 60 m, L > 30 m, maka beban terbagi merata (BTR)

q $= 9{,}0 \times \left(0{,}5 + \frac{15}{L}\right)$

$= 9{,}0 \times \left(0{,}5 + \frac{15}{60}\right)$

$= 6{,}75$ kN/m^2

Berikut pembebanan yang dilakukan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.14.**



Gambar 5.14 Beban Terbagi Merata (BTR) Pada Pelat

b. Beban Garis Terpusat (BGT)

P $= 38$ kN/m^3

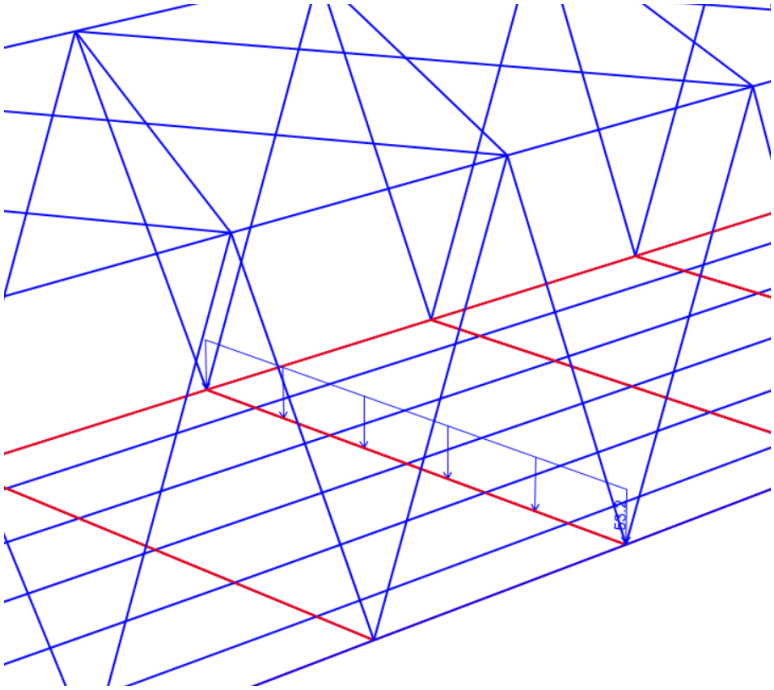
Penentuan faktor beban dinamis (FBD) pada jembatan dengan panjang 60 meter diperoleh dari grafik sesuai ketentuan SNI 1725:2016. Maka,

BGT $= FBD \times p$

$= 140\% \times 38$

$= 53{,}2$ kN/m

Berikut pembebanan yang dilakukan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.15.**



Gambar 5.15 Beban Garis Terpusat (BGT) Pada Tengah Bentang

2) Beban Truk "T"

Beban truk "T" terdiri dari kendaraan semi-trailer yang memiliki beberapa gandar, di mana distribusi bebannya berupa dua beban merata dengan nilai yang sama.

Roda depan $= 25 \times (1 + FBD)$

$= 25 \times (1 + 0{,}3)$

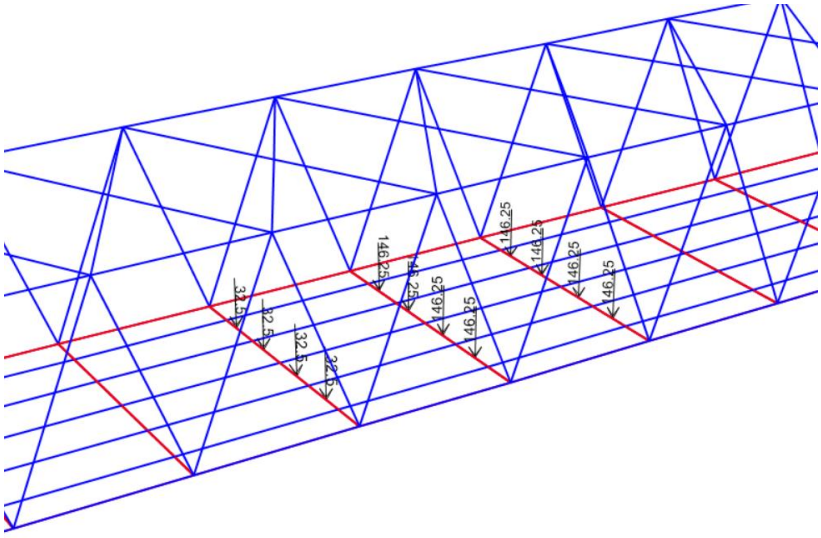
$= 32{,}5$ kN

Gandar depan & belakang $= 112{,}5 \times (1 + FBD)$

$= 112{,}5 \times (1 + 0{,}3)$

$= 146{,}25$ kN

Berikut pembebanan yang dilakukan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.16.**



Gambar 5.16 Pembebanan Truk "T"

3) Gaya Rem (TB)

Gaya rem dilakukan dengan mengambil nilai yang 25% dari beban gandar truk desain atau 5% dari kombinasi antara berat truk rencana dan beban lajur terbagi rata (BTR).

TB1 $= 25\% \times 225$

$= 56{,}25$ kN

TB2 $= 5\% \times (TT + (BTR \times L \times B))$

$= 5\% \times (500 + (6{,}75 \times 60 \times 7))$

$= 166{,}75$ kN

Diambil nilai yang terbesar yaitu TB2 = 166,75 Kn

Titik tangkap rem (dari profil bawah)

y $= \frac{1}{2} \times H_{profil} \times t_{plat} \times t_{aspal} + 1{,}8$

$= \frac{1}{2} \times 0{,}9 \times 0{,}3 \times 0{,}05 + 1{,}8$

$= 2{,}265$ m

Gaya rem untuk titik buhul

PB1 (atas) $= \frac{TB \times y}{H} \times \frac{1}{n\ atas}$

$= \frac{166{,}75 \times 2{,}265}{6{,}35} \times \frac{1}{12}$

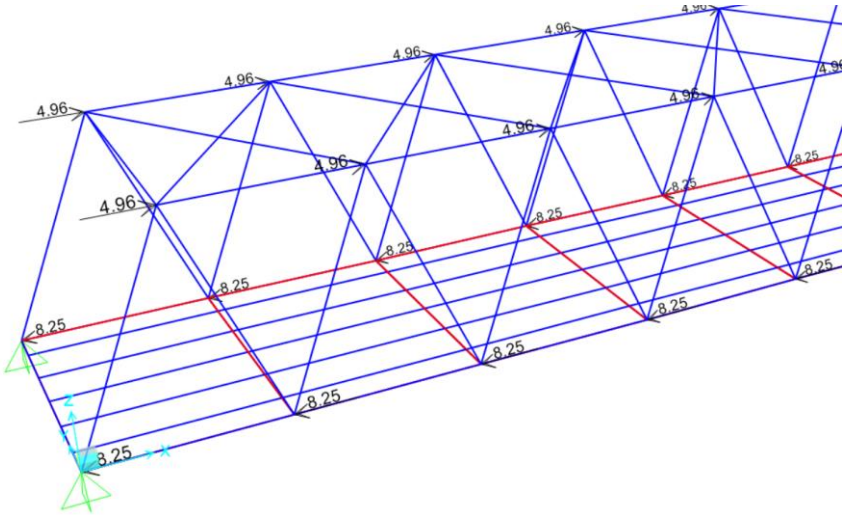
$= 4{,}96$ kN

PB2 (bawah) $= \frac{TB \times (H-y)}{H} \times \frac{1}{n\ atas}$

$= \frac{166{,}75 \times (6{,}35-2{,}265)}{6{,}35} \times \frac{1}{13}$

$= 8{,}25$ kN

Beban rem dibebankan pada titik buhul atas dan buhul bawah secara horizontal. Berikut pembebanan yang dilakukan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.17.**



Gambar 5.17 Pembebanan Rem Pada Titik Buhul Atas dan Bawah

4) Beban Pejalan Kaki (TP)

Dalam SNI 1725:2016 mengenai pembebanan jembatan, semua komponen trotoar yang memiliki lebar lebih dari 60 mm harus dirancang untuk menanggung beban pejalan kaki dengan intensitas sebesar 5 kPa, dan dianggap bekerja bersamaan dengan beban dari kendaraan. Berikut adalah perhitungan terkait beban pejalan kaki.

Lebar trotoar = 1 m

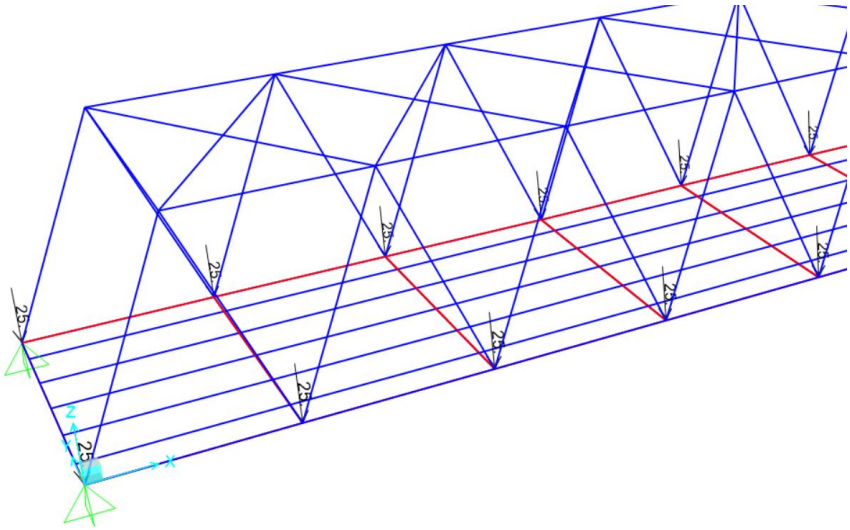
q = 5 kPa

Panjang segmen = 5 m

Beban pejalan kaki = 1 × 5 × 5

= 25 kN

Dari perhitungan diatas, didapatkan nilai beban pejalan kaki sebesar 25 kN yang akan dibebankan pada tiap titik buhul. Berikut pembebanan yang dilakukan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.18.**



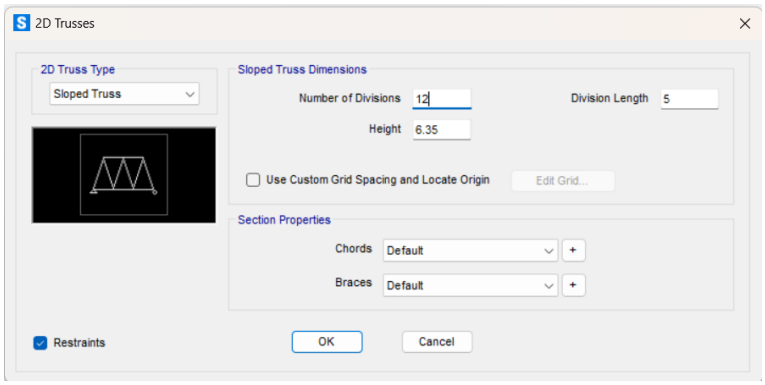
Gambar 5. 18 Beban Pejalan Kaki di Titik Buhul

5.2.2 Pemodelan Struktur Jembatan

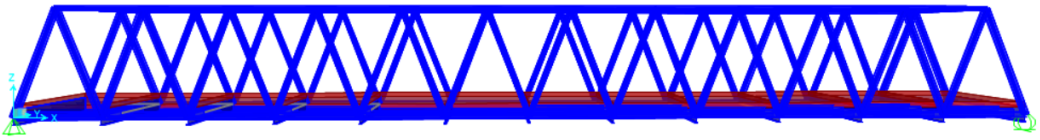
Berdasarkan data elemen struktur atas Jembatan Dogongan yang diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan, serta asumsi yang mengacu pada metode penentuan *bridge load rating*, dilakukan pemodelan struktur atas Jembatan Dogongan menggunakan perangkat lunak *CSI:SAP2000.*

1. *Template Model 2D Trusses*

   Template Model 2D trusses pada aplikasi SAP2000 dimanfaatkan untuk menyederhanakan proses pemodelan struktur rangka utama jembatan. Template data yang dimasukkan dalam SAP2000 dapat dilihat pada **Gambar 5.19** dan **Gambar 5.20** menunjukkan tumpuan jembatan yang digunakan yaitu tumpuan sendi dan roll.



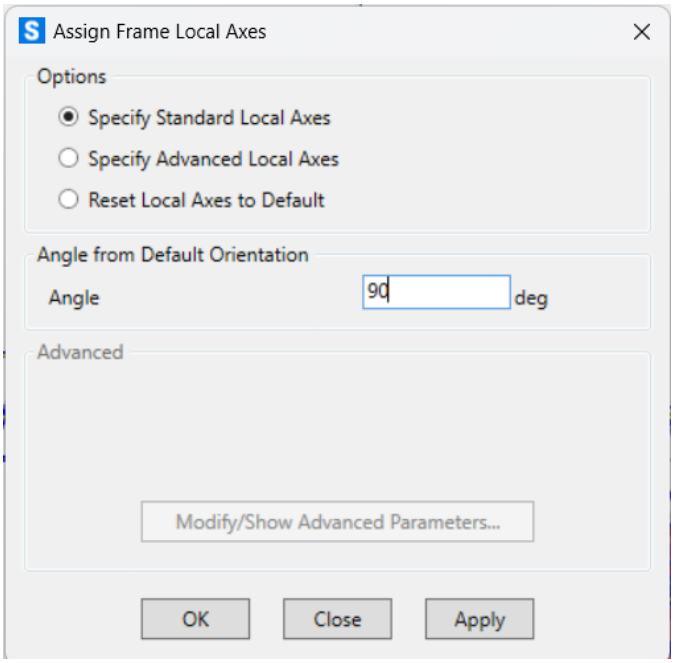
Gambar 5.19 Template Model 2D Trusses



Gambar 5.20 Tumpuan Jembatan

2. Penyesuaian Posisi Elemen Batang Rangka Jembatan

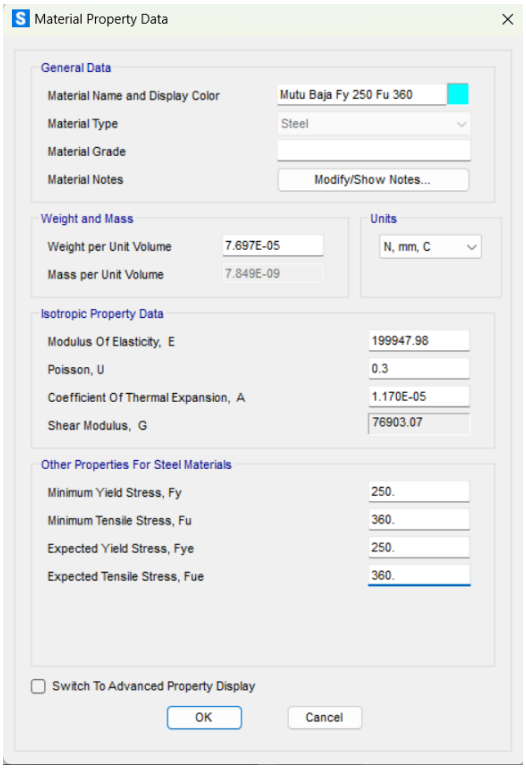
   Secara bawaan, *SAP2000* memasang batang-batang struktur tegak lurus terhadap sumbu kuatnya, namun tetap mengarah melintang terhadap jembatan. Untuk mencocokkan pemodelan dengan kondisi eksisting, di mana setiap batang tepi dan diagonal rangka jembatan dipasang dengan arah lendutan ke bawah dan didukung oleh sumbu lemahnya, dilakukan rotasi sumbu lokal seluruh batang struktur utama sebesar 90°. Rotasi ini dilakukan menggunakan fitur *Assign Frame Local Axes,* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.21.**



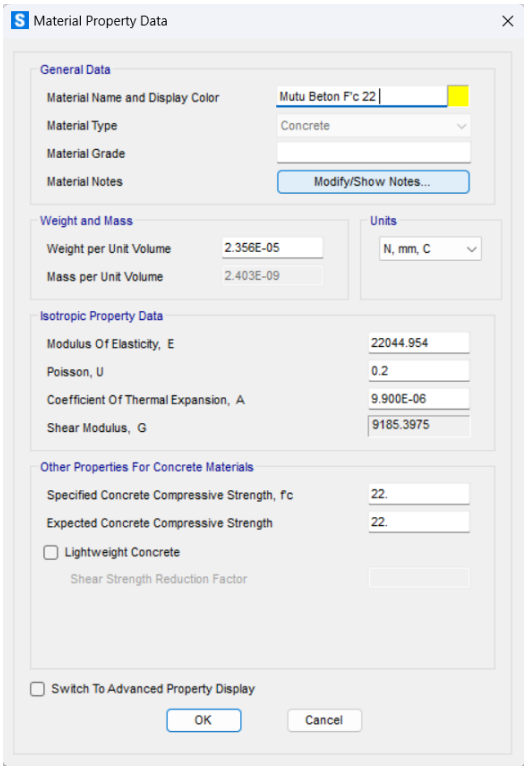
Gambar 5.21 Penyesuaian Posisi Batang Rangka Utama

3. Material *Properties* Baja dan Beton

   Material yang digunakan dalam pemodelan ini didasarkan pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016). Data properti material baja dan beton yang digunakan sebagai input dapat dilihat pada **Gambar 5.22** dan **Gambar 5.23.**



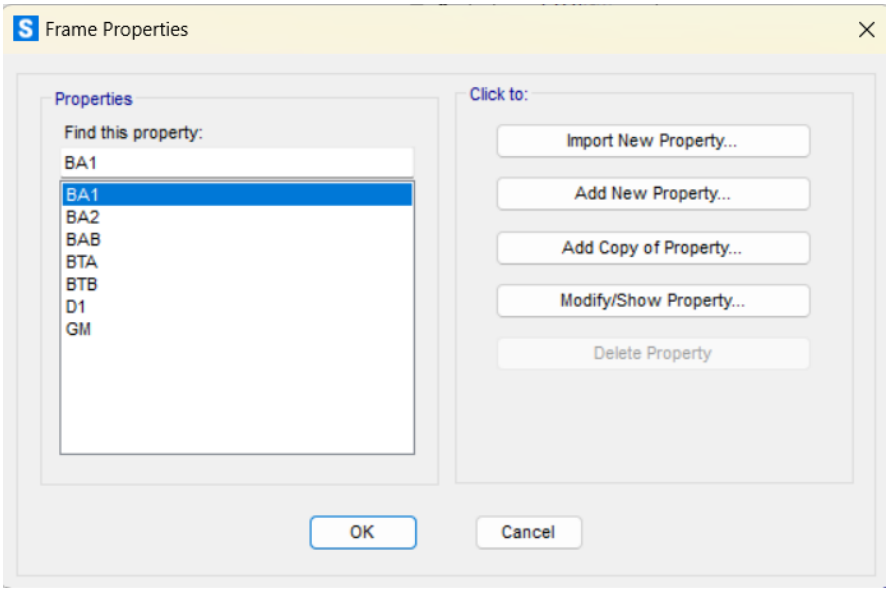
Gambar 5.22 *Material Property* Data Baja



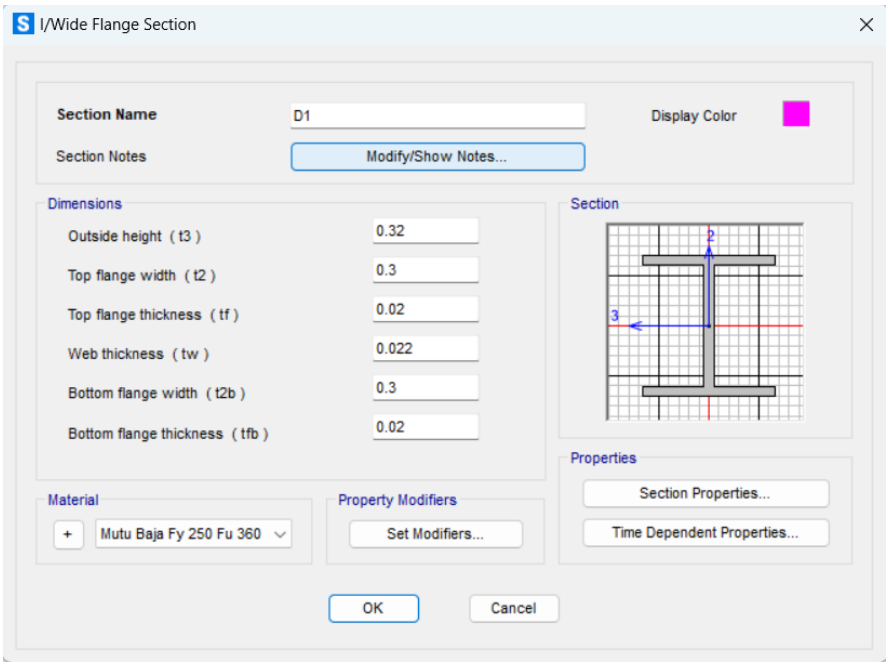
Gambar 5.23 *Material Property* Data Beton

4. *Define Frame Section Properties*

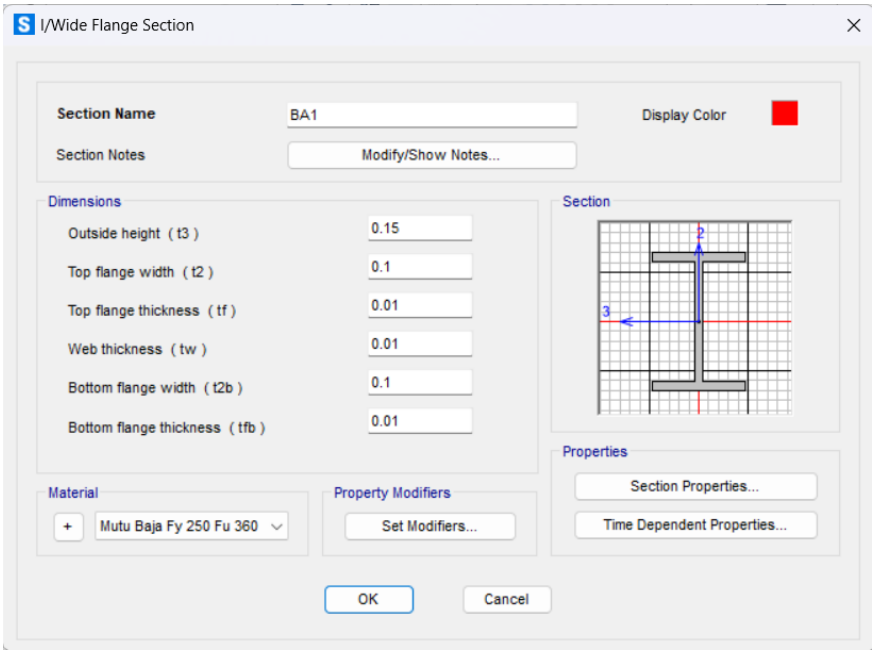
Seluruh profil penyusun rangka jembatan dimodelkan di SAP2000 berdasarkan data detail profil yang diukur langsung di lapangan menggunakan jangka sorong. Beberapa input profil baja pada jembatan ditampilkan pada **Gambar 5.24** hingga **Gambar 5.31**.



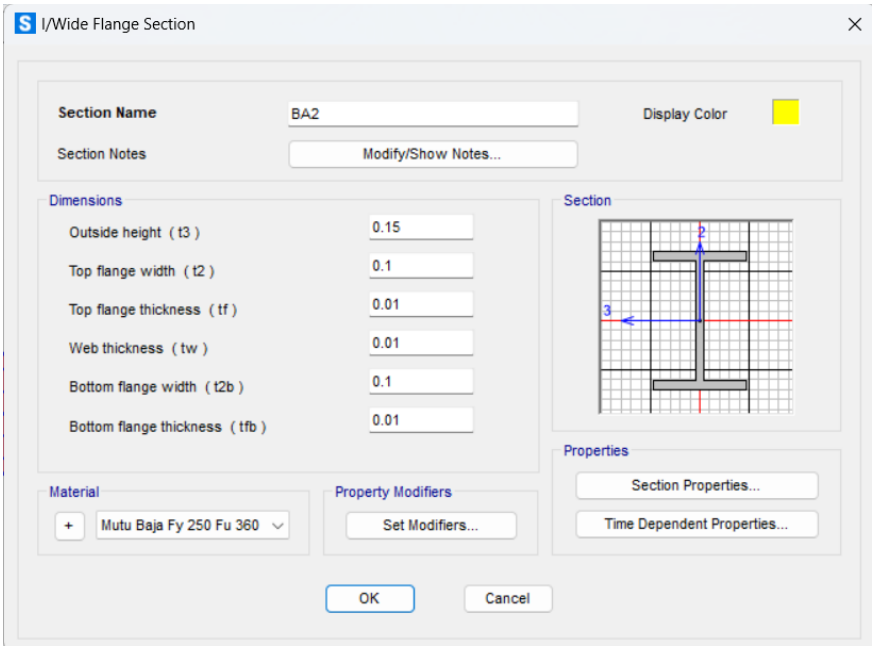
Gambar 5.24 *Input Frame Section Properties*



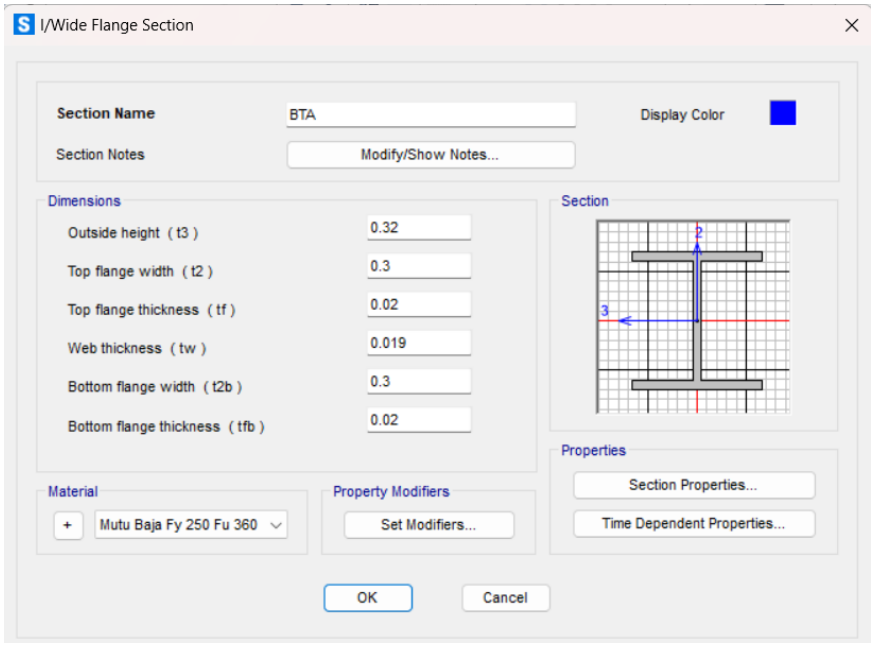
Gambar 5.25 *Input Frame* Batang Diagonal (D1)



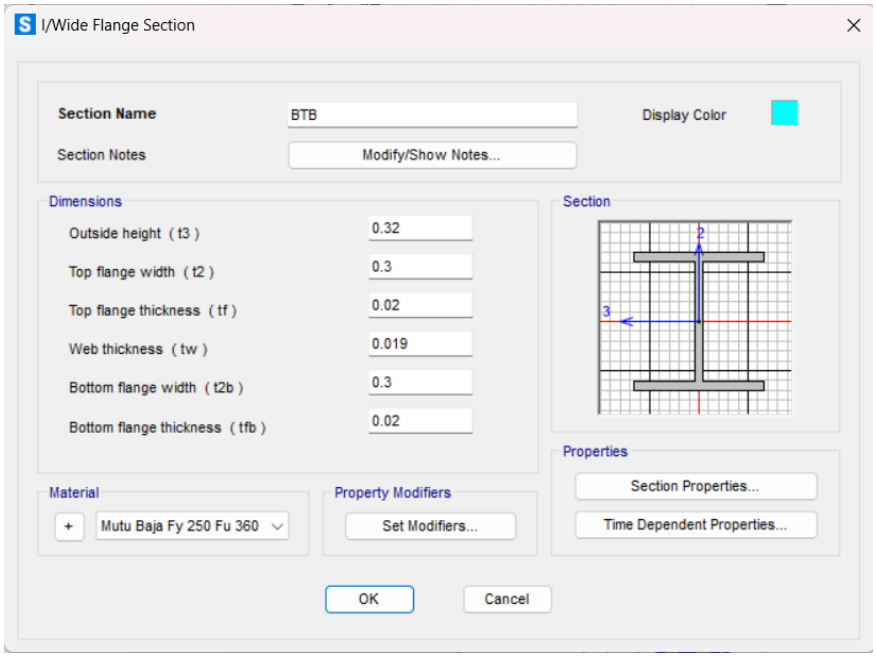
Gambar 5.26 ***Input Frame Bracing*** *Atas (BA1)*



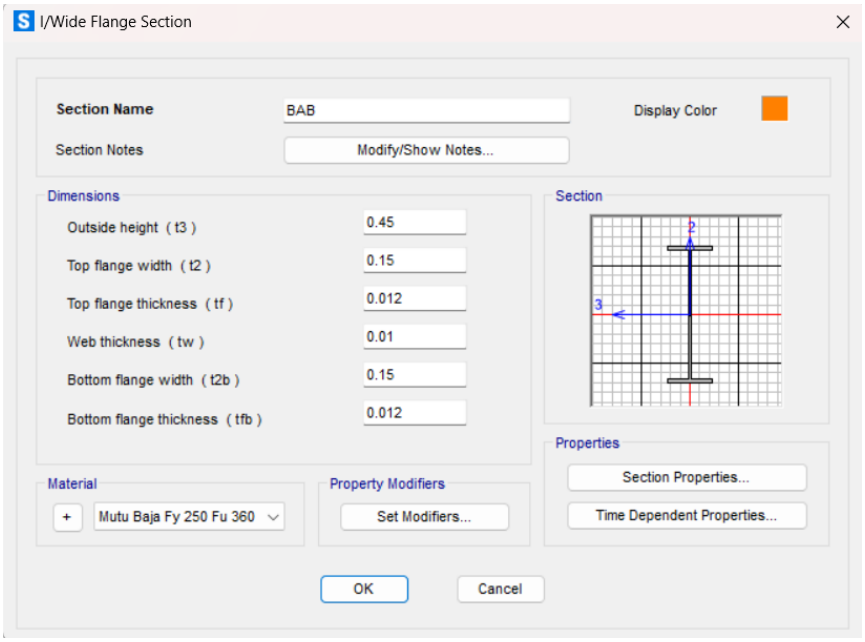
Gambar 5.27 ***Input Frame Bracing*** **Atas (BA2)**



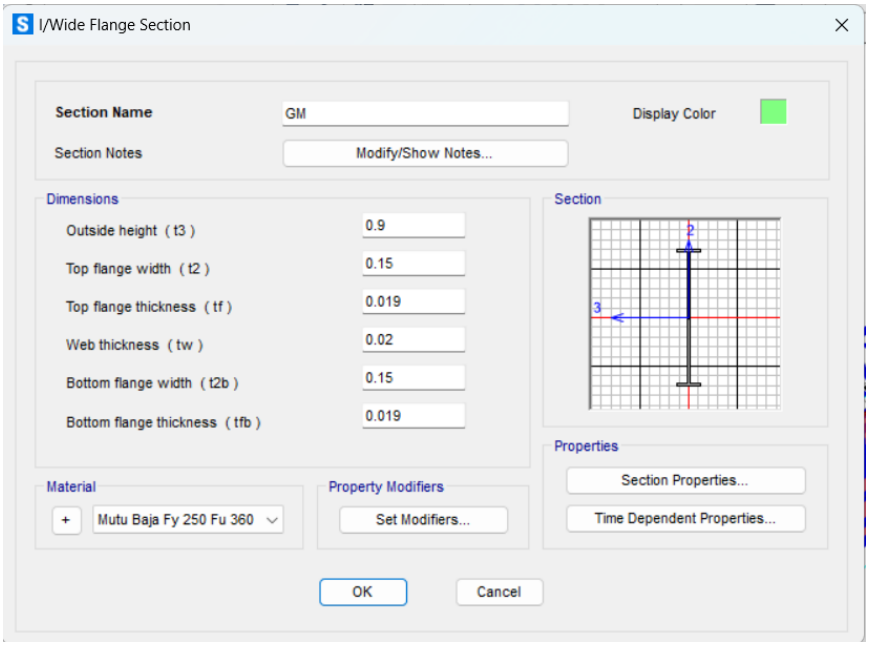
Gambar 5.28 *Input Frame* Batang Tepi Atas (BTA)



Gambar 5.29 *Input Frame* Batang Tepi Bawah (BTB)



Gambar 5.30 *Input Frame* Balok Anak Bawah (BAB)

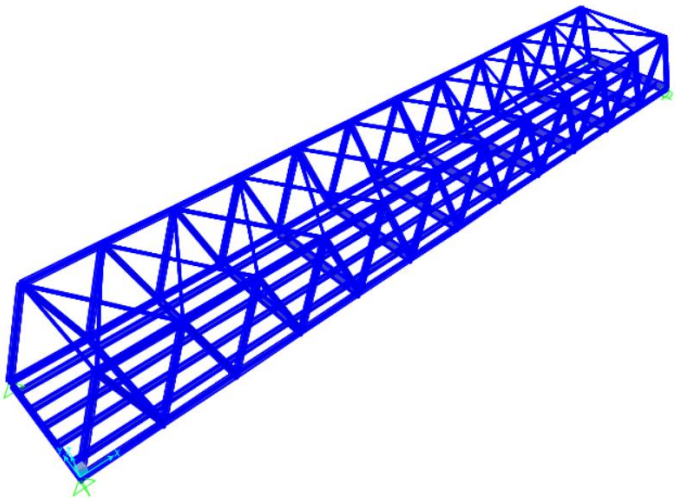


Gambar 5.31 *Input Frame* Gelagar Melintang (GM)

5. *Replicated and Drawing Frame*

Setelah sumbu lokal pada seluruh elemen rangka utama dirotasi sebesar 90° dan profil telah didefinisikan, langkah berikutnya adalah menduplikasi rangka

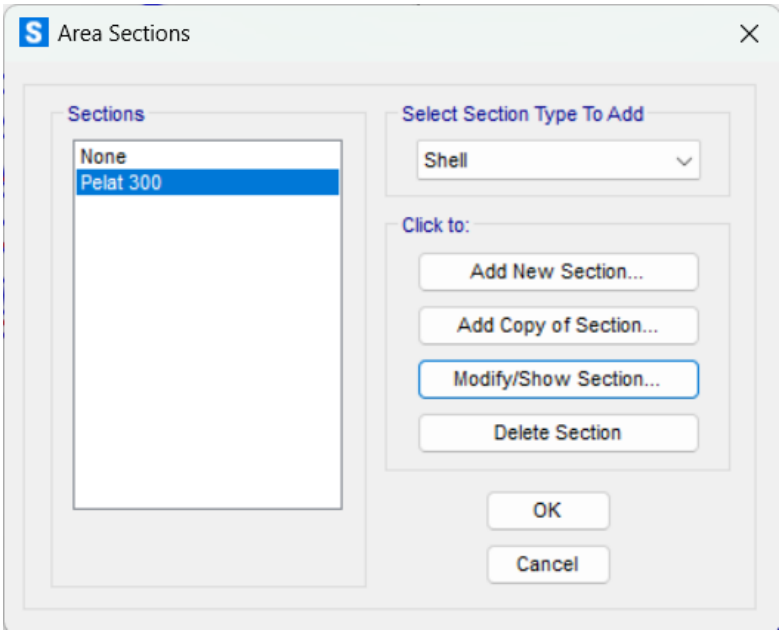
ke arah sumbu Y sejauh lebar jembatan sesuai kondisi aslinya, yaitu 9,65 meter. Rangka tersebut kemudian dihubungkan menggunakan girder melintang dan bracing dengan bantuan fitur *Draw Frame/Cable*, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.32.**



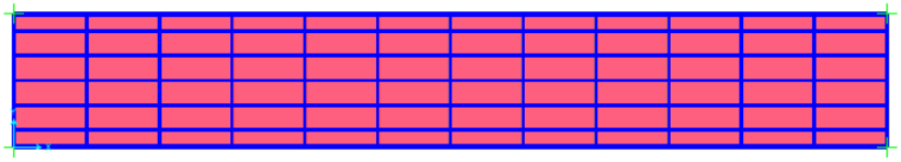
Gambar 5.32 Hasil Pemodelan Struktur Rangka Jembatan

6. *Define and Drawing Area Section*

   Define area section digunakan untuk mendefinisikan pelat beton bertulang yang menumpu pada girder melintang menggunakan material beton F'c 22 MPa sesuai Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting dengan ketebalan hasil pengukuran sebesar 300 mm. setelah terdefinisi kemudian menggambar area pelat yang berada pada elevasi z = 0 m dengan menggunakan *draw rectangular* yang tiap panel pelat dibatasi oleh gelagar melintang. Berikut ini merupakan *define area section* dan *draw area section* dapat dilihat pada **Gambar 5.33** dan **Gambar 5.34.**



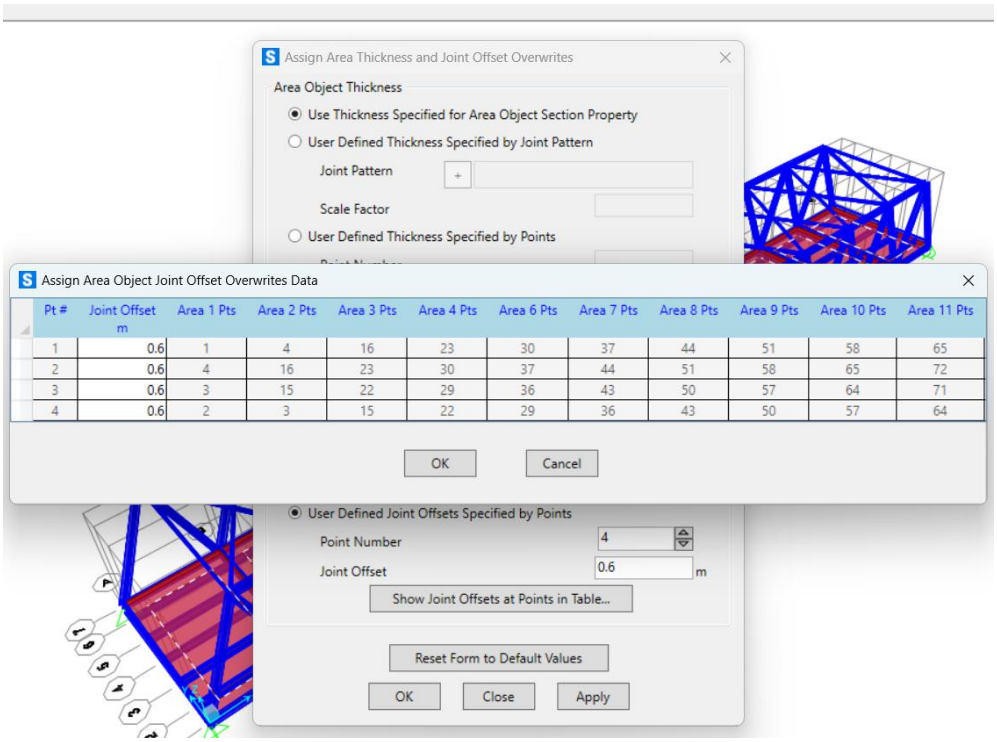
Gambar 5.33 ***Define Area Section***



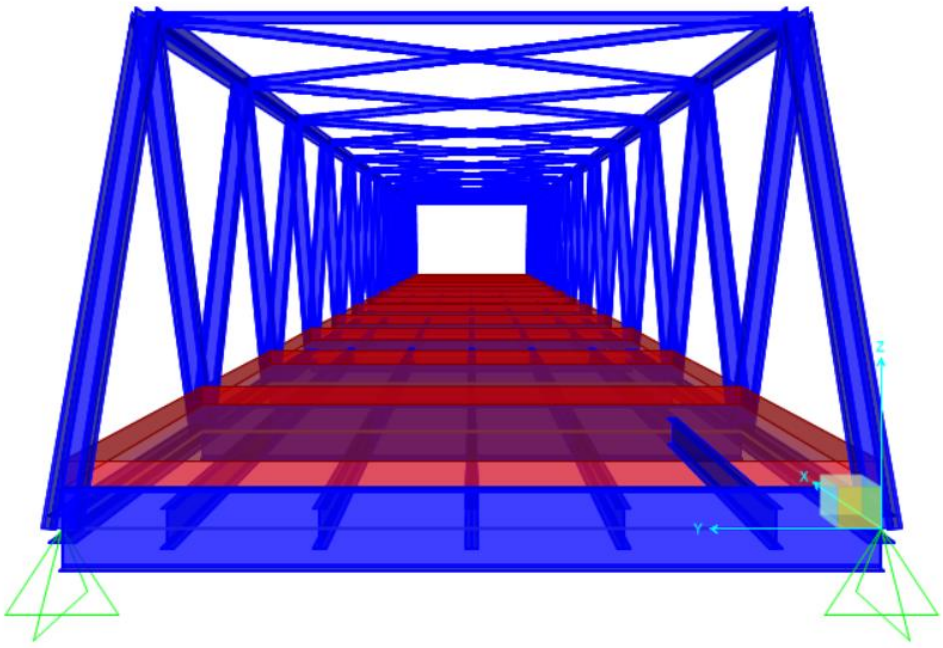
Gambar 5.34 ***Draw Area Section***

7. *Joint Offset Overwrites* Pelat Lantai

   Secara default, area pelat lantai dalam model berada pada posisi z = 0, yang berarti terletak di tengah gelagar melintang. Namun, dalam kondisi sebenarnya, pelat lantai jembatan menumpu di atas gelagar melintang. Oleh karena itu, setiap panel pelat lantai dalam pemodelan perlu di-offset sebesar setengah tinggi gelagar melintang ditambah setengah tebal pelat lantai. Langkah-langkah untuk melakukan joint offset overwrites pada pelat lantai dapat dilihat pada **Gambar 5.35** dan **Gambar 5.36.**



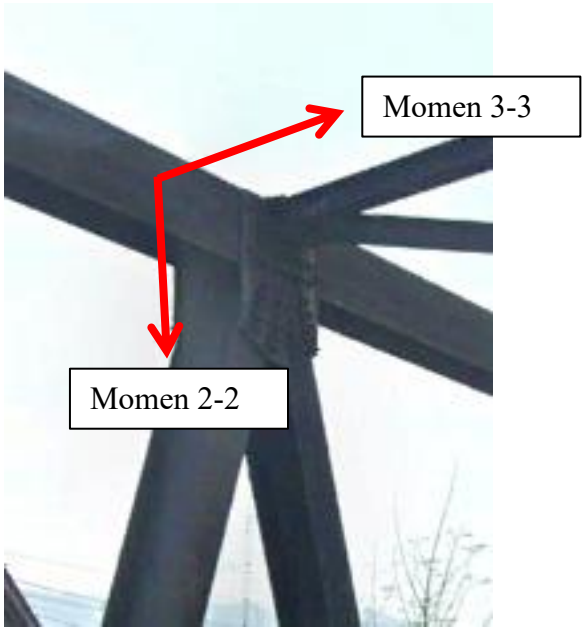
Gambar 5.35 *Joint Offset Overwrites* Pelat Lantai



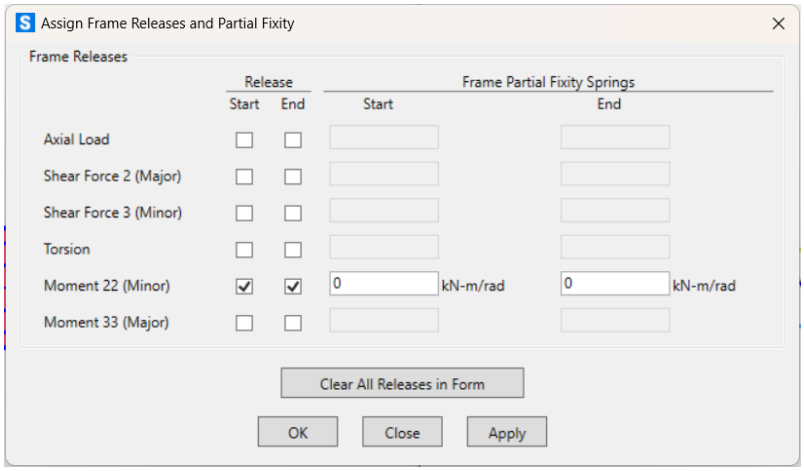
Gambar 5.36 Posisi pelat Lantai Setelah *Offset*

8. *Releases Partial Fixity*

Releases partial fixity digunakan untuk memodelkan kondisi di mana setiap ujung rangka utama jembatan tidak mampu menahan momen. Hal ini disebabkan oleh kenyataan bahwa pada bagian ujung-ujung rangka utama, sambungan dibuat menggunakan gusset plate dan baut, yang menyebabkan struktur berperilaku seperti sendi (tidak menghasilkan momen). Dalam analisis, semua elemen rangka utama, termasuk batang tepi atas, batang tepi bawah, dan batang diagonal, diberikan *assign frame releases/partial fixity.* Karena profil rangka utama dipasang pada sumbu lemahnya, maka momen yang di-*release* adalah Momen *22/minor.* Arah sumbu momen dan langkah-langkah penerapan releases partial fixity dapat dilihat pada **Gambar 5.37** dan **Gambar 5.38.**



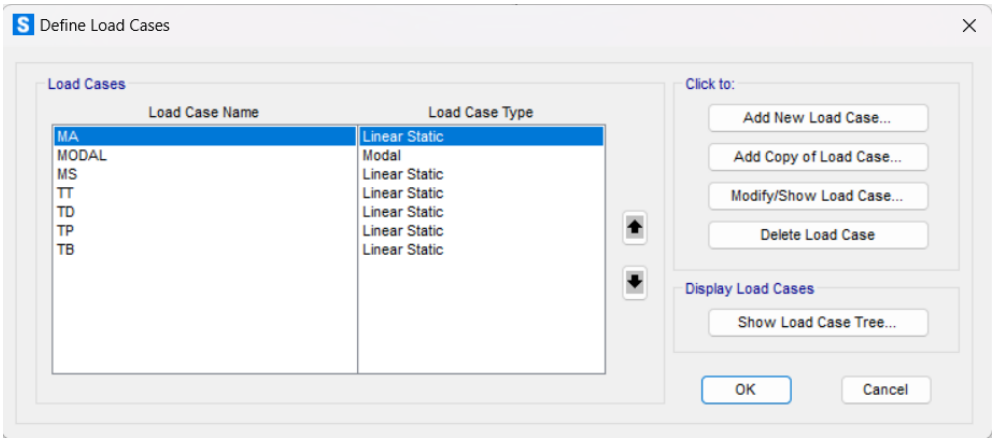
Gambar 5.37 Arah Sumbu Momen



Gambar 5.38 *Releases Partial Fixity*

9. *Define Load Cases*

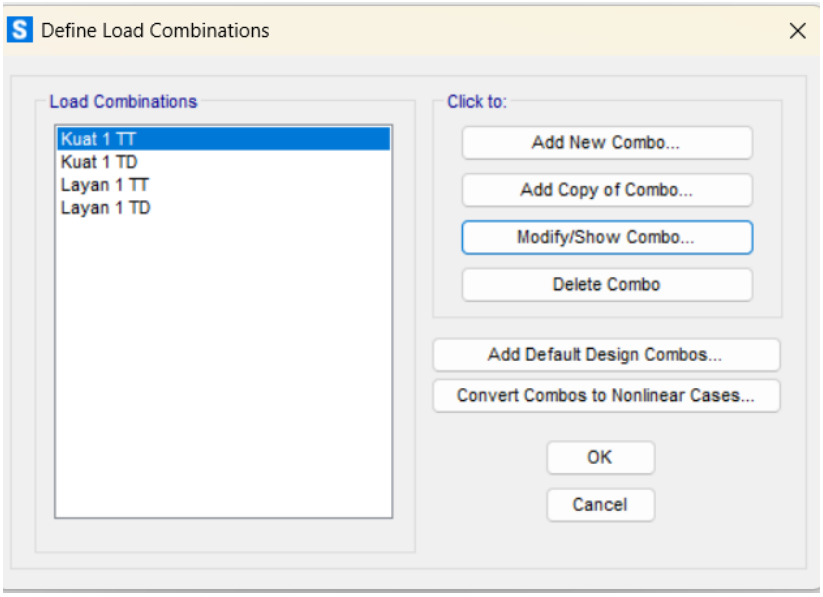
Define load cases dilakukan berdasarkan pedoman penentuan *bridge load rating* pada jembatan eksisting, dengan evaluasi awal berupa penilaian beban desain yang mengacu pada kondisi batas kekuatan I. Evaluasi ini hanya mempertimbangkan beban gravitasi yang berasal dari beban mati dan beban hidup kendaraan, yang digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam pada setiap elemen struktur rangka. Rincian *load assignment* pada struktur jembatan dapat dilihat pada **Gambar 5.39.**



Gambar 5.39 *Load Assignment*

10. *Define Load Combination*

Define load combination adalah beban kombinasi yang akan dilakukan pada jembatan berdasarkan SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan, kombinasi Kuat 1 adalah kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai., sementara Layan 1 yaitu kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal. Pemilihan kombinasi ini penting karena Kuat 1 memastikan jembatan memiliki kekuatan yang cukup terhadap beban *ultimate*, sedangkan Layan 1 memastikan bahwa defleksi dan tegangan tetap dalam batas yang dapat diterima selama operasional normal. Berikut rincian beban kombinasi dapat dilihat pada **Gambar 5.40.**



Gambar 5.40 *Define Load Combination*

5.2.3 Hasil Analisis SAP2000

Setelah dilakukan analisis didapatkan hasil frekuensi teoritis jembatan dari analisis struktur yang terjadi akibat beban desain. Dalam *running analysis SAP2000*

mendapatkan nilai frekuensi teoritis jembatan yang dapat dilihat pada **Gambar 5.41** berikut ini.

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
▶	MODAL	Mode	1	0.490442	2.03897805...	12.8112769...	164.128817...
	MODAL	Mode	2	0.3634	2.75179010...	17.2900071...	298.944346...
	MODAL	Mode	3	0.226352	4.41790329...	27.7585050...	770.534605...
	MODAL	Mode	4	0.187954	5.32045103...	33.4293798...	1117.52343...
	MODAL	Mode	5	0.180606	5.53690133...	34.7893770...	1210.30075...
	MODAL	Mode	6	0.133265	7.50387143...	47.1482147...	2222.95415...
	MODAL	Mode	7	0.132447	7.55021398...	47.4393935...	2250.49606...
	MODAL	Mode	8	0.119181	8.39058203...	52.7195817...	2779.35429...
	MODAL	Mode	9	0.119129	8.39427568...	52.7427896...	2781.80186...
	MODAL	Mode	10	0.118972	8.40535568...	52.8124073...	2789.15037...
	MODAL	Mode	11	0.118764	8.42007930...	52.9049185...	2798.93040...
	MODAL	Mode	12	0.118672	8.42661943...	52.9460114...	2803.28012...

Gambar 5.41 Frekuensi Teoritis Jembatan

5.3 Peta Persebaran Frekuensi Jembatan

Peta persebaran frekuensi struktur atas jembatan merupakan representasi visual yang penting dalam analisis dinamis struktur, khususnya dalam menilai distribusi frekuensi pada berbagai titik pengukuran di jembatan. Dengan bantuan *software Surfer*, data hasil pengukuran mikrotermor diolah menjadi peta kontur yang menggambarkan variasi frekuensi pada permukaan jembatan. Peta ini memberikan gambaran yang jelas tentang area yang memiliki respons frekuensi tinggi atau rendah, yang dapat mengindikasikan potensi kerentanan terhadap beban dinamis, seperti beban kendaraan. Berikut adalah langkah-langkah membuat peta persebaran frekuensi struktur atas jembatan menggunakan *software Surfer.*

1. Persiapan Data

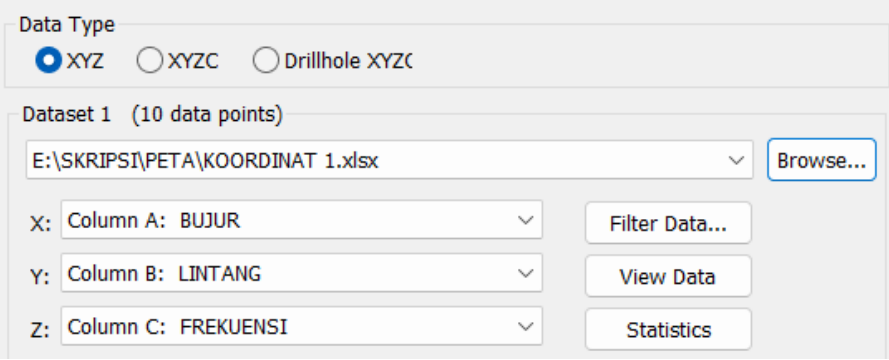
   Persiapkan data mulai dari koordinat lokasi yang mencakup koordinat bujur dan lintang dan juga data frekuensi hasil pengukuran mikrotermor. Kemudian data disimpan dalam format *Excel* dengan kolom X (bujur), Y (lintang), dan Z (frekuensi) yang dapat dilihat pada **Tabel 5.2** berikut.

Tabel 5.2 Format Tabel

BUJUR	LINTANG	FREKUENSI
110.379081	-7.951797	0,356
110.37934	-7.951865	3,303
110.379624	-7.951875	0,386
110.37996	-7.951912	3,313
110.380187	-7.951803	0,322
110.379115	-7.951819	0,337
110.379376	-7.951843	4,986
110.379618	-7.951868	0,358
110.379911	-7.951904	5,076
110.380155	-7.951944	0,357

2. Import Data ke *Surfer*

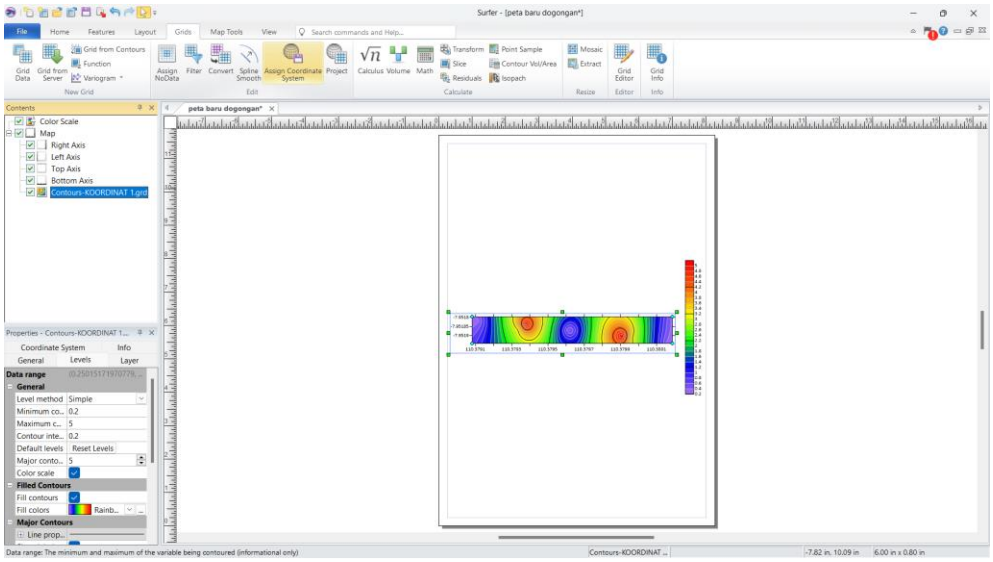
   Setelah data excel tersimpan kemudian data di import ke dalam surfer dengan memilih menu *Grid* > *Grid Data* > *Browse*. Jika sudah terimport maka akan muncul tampilan seperti pada **Gambar 5.42** Berikut dan pastikan kolom X, Y dan Z sesuai.



Gambar 5.42 *Import Data*

3. Membuat Peta Kontur

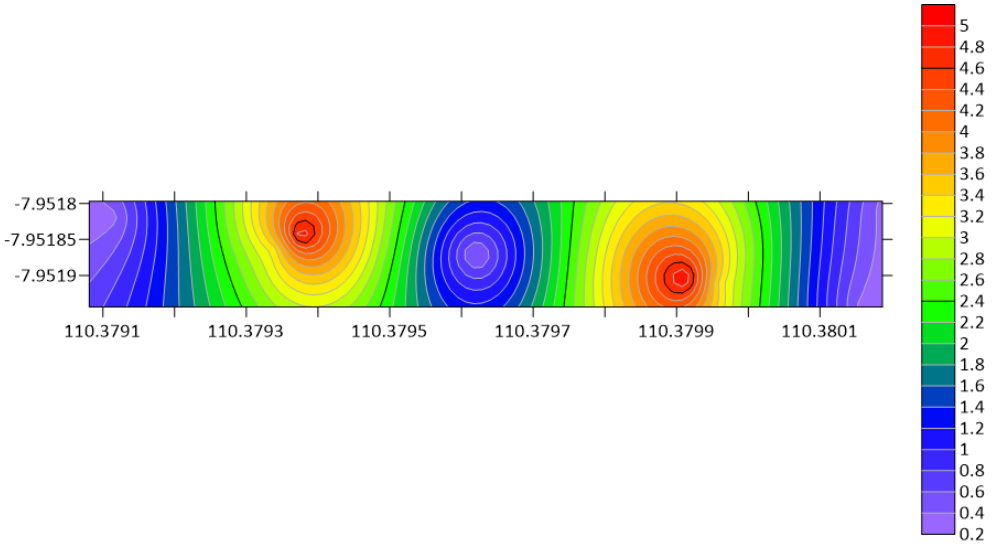
   Kemudian untuk memunculkan peta kontur dengan memilih pada menu *Home* > *New Map* > *Contour Map*. *Surfer* akan otomatis menampilkan peta kontur berdasarkan data grid kita seperti pada **Gambar 5.43** Berikut.



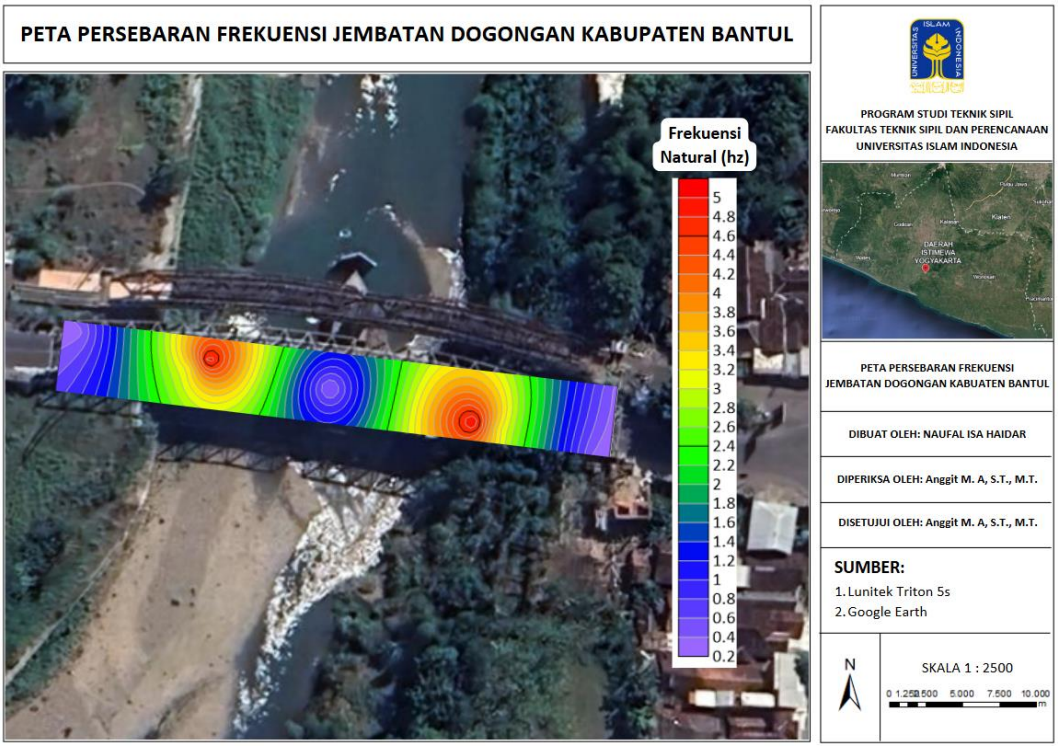
Gambar 5.43 Tampilan Peta Kontur

4. Ekspor Peta

Setelah selesai, simpan peta dalam format gambar (misalnya PNG/JPG) dengan memilih *File* > *Export.* Hasil setelah di export dapat dilihat pada **Gambar 5.44** Berikut.



Gambar 5.44 Peta Kontur



Gambar 5.45 Peta Persebaran Frekuensi Jembatan Dogongan

5.4 Hasil Analisis Kelayakan Jembatan

Dari hasil analisis data dan pembahasan maka dapat diketahui bahwa parameter-parameter yang diperlukan untuk mengetahui nilai kondisi jembatan yaitu frekuensi natural (f0) dan frekuensi teoritis. Setelah mendapatkan parameter tersebut maka dapat dilakukan analisis kelayakan jembatan untuk mengetahui nilai kerusakan relatif jembatan.

Dalam penilaian kondisi jembatan, analisis frekuensi memegang peranan penting sebagaimana diatur dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor: Pt T-05-2002-B. Berikut perhitungan dari kerusakan relatif.

$F0_{rata\text{-}rata} = \frac{\Sigma f_{aktual}}{Jumlah\ titik\ uji}$

$= \frac{18{,}794}{10}$

= 1,879 hz

$F_{teoritis}$ = 2,039 hz (dari *SAP2000*)

$$D_{relatif} = \left|\frac{(f_{teoritis} - f_{aktual})}{f_{teoritis}}\right| \times 100\%$$
$$= \left|\frac{(2{,}039 - 1{,}879)}{2{,}039}\right| \times 100\%$$
$$= 7{,}826\%$$

Berikut rekapitulasi hasil dari nilai kerusakan relatif jembatan dapat dilihat pada **Tabel 5.3.**

Tabel 5.3 Nilai Kerusakan Relatif Jembatan

Titik	Posisi	Frekuensi Alami Jembatan (Hz)	Frekuensi rata-rata Jembatan (Hz)	Frekuensi teoritis (Hz)	Kerusakan relatif (%)
T1	Struktur Atas Jembatan	0,356	1,879	2,039	7,826
T2		3,303			
T3		0,386			
T4		3,313			
T5		0,322			
T6		0,337			
T7		4,986			
T8		0,358			
T9		5,076			
T10		0,357			

Frekuensi rata-rata struktur atas jembatan yang diperoleh dari hasil pengukuran mikrotremor adalah sebesar 1,879 Hz. Sementara itu, frekuensi teoritis yang dihitung melalui pemodelan menggunakan *software SAP2000* menunjukkan nilai sebesar 2,039 Hz. Selisih antara nilai frekuensi rata-rata dan frekuensi teoritis yaitu sebesar 0,160 Hz yang menunjukkan adanya perbedaan antara kondisi aktual di lapangan dengan kondisi hasil yang diolah dari model.

Seperti terlihat pada **Gambar 5.45**, warna merah menunjukkan titik dengan frekuensi tinggi, yaitu titik 2 sebesar 3,303 Hz dan titik 9 sebesar 5,076 Hz, yang dapat mengindikasikan kekakuan berlebih akibat perubahan material, korosi, atau ketidaksempurnaan struktur. Oleh karena itu, diperlukan inspeksi lebih lanjut untuk

mengecek kemungkinan keretakan, kondisi korosi/karat, serta kelonggaran pada sambungan dan baut yang dapat memengaruhi kinerja struktural jembatan. Jika ditemukan indikasi kerusakan, langkah perbaikan seperti pengencangan sambungan, perlindungan terhadap korosi, atau perkuatan struktur perlu dilakukan guna memastikan keamanan dan keandalan jembatan dalam jangka panjang.

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus kerusakan relatif, didapatkan nilai sebesar 7,826%. Nilai ini memberikan indikasi mengenai tingkat degradasi yang dialami oleh struktur jembatan. Kerusakan relatif yang cukup kecil ini menunjukkan bahwa jembatan masih dalam kondisi yang cukup baik tetapi tetap perlu diperhatikan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

Berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor: Pt T-05-2002-B, nilai kerusakan relatif tersebut menempatkan jembatan dalam kategori kondisi cukup yaitu masih dalam kategori kerusakan relatif 6 – 10% dengan jenis kerusakan berupa kerusakan ringan *(non struktural).* Artinya, meskipun terdapat beberapa kerusakan, mereka tidak memengaruhi elemen struktural utama jembatan. Namun, pemantauan rutin dan perawatan berkala tetap diperlukan untuk meminimalisir risiko kerusakan yang lebih serius pada jembatan.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan penelitian analisis frekuensi Jembatan Dogongan dengan pengukiran mikrotremor di lapangan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran mikrotremor lapangan menunjukkan frekuensi rata-rata struktur atas jembatan sebesar 1,879 Hz, yang mencerminkan kondisi aktual jembatan di lapangan.
2. Pemodelan menggunakan software SAP2000 menghasilkan frekuensi teoritis sebesar 2,039 Hz, menunjukkan perbedaan kecil antara kondisi aktual dan model teoritis.
3. Peta persebaran frekuensi pada jembatan Dogongan Kabupaten Bantul menunjukan persebaran frekuensi yang lebih tinggi di tengah bentang yaitu pada titik 2 (3,303 Hz) dan titik 9 (5,076 Hz) dapat mengindikasikan adanya perubahan kekakuan akibat faktor seperti korosi, keretakan, atau kelonggaran pada sambungan. Kondisi ini memerlukan inspeksi lebih lanjut untuk mengevaluasi potensi kerusakan struktural, terutama pada elemen-elemen penting seperti baut, sambungan, dan material utama jembatan. Jika ditemukan indikasi kerusakan, diperlukan tindakan perbaikan atau perkuatan guna menjaga keandalan dan keamanan jembatan dalam jangka panjang.
4. Berdasarkan hasil analisis frekuensi rata-rata jembatan yang diperoleh dari pengukuran mikrotremor sebesar 1,879 Hz dan frekuensi teoritis dari model *SAP2000* sebesar 2,039 Hz, diperoleh kerusakan relatif sebesar 7,826%. Mengacu pada Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor: Pt T-05-2002-B, yang menyatakan bahwa kerusakan relatif antara 6% hingga 10% dikategorikan sebagai rusak ringan *(non struktural),* maka kondisi jembatan ini dapat dinilai dalam kategori cukup. Ini menunjukkan bahwa meskipun ada

indikasi kerusakan, tetapi kerusakan tersebut tidak bersifat kritis dan masih dalam batas aman untuk penggunaan dengan perawatan rutin.

6.2 Saran

Setelah menyelesaikan seluruh rangkaian proses penelitian ini, maka diperoleh beberapa hal yang dapat menjadi saran untuk penelitian yang akan dilakukan lebih lanjut, berikut saran – saran tersebut antara lain.

1. Pada saat pengujian mikrotremor di lapangan, lakukan pengujian pada saat lalu lintas paling senggang agar hasil pengujian lebih akurat.
2. Mengutamakan kesehatan dan keselamatan pada saat pengujian di lapangan, dikarenakan kondisi lalu lintas yang melintas cenderung cepat dan tempat penelitian yang terbatas.
3. Untuk penelitian selanjutnya bisa ditambahkan dengan membandingkan frekuensi natural pada struktur bawah jembatan dengan tanah disekitar jembatan untuk mengetahui resonansi struktur bawah jembatan.
4. Untuk meningkatkan akurasi hasil analisis, sebaiknya dilakukan pengukuran mikrotremor dengan durasi perekaman yang lebih.

DAFTAR PUSTAKA

Annisa, N., & Pohan, A. F. (2023). Evaluasi Kondisi Jembatan Kuranji dengan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio dan Pergerakan Partikel. *Jurnal Fisika Unand*, *12*(3), 381–387. https://doi.org/10.25077/jfu.12.3.380-386.2023

Badan Standardisasi Nasional. 2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, RSNI-T-03-2005*. BSN: Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Pembebanan Untuk Jembatan, SNI 1725:2016,* BSN: Jakarta.

Demulawa, M., Gede, D., Setiawan, E., Yunus, M., & Rifai, R. R. (n.d.). Analisis Frekuensi Resonasi Jembatan Bantar III Bantul Yogyakarta Terhadap Kejadian Gempabumi Yogyakarta Program Studi S1 Fisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo 4 Program Studi S1 Pendidikan Fisika STKIP Kie Raha Ternate. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Desember*, *2022*(24), 727–734. https://doi.org/10.5281/zenodo.7686712

Dwi Syaputra, O., Farid, F., & Handayani, L. (n.d.). Identifikasi Kelayakan Jembatan Batanghari II Kota Jambi Menggunakan Mikrotremor Dengan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSR). http://ejournal.unri.ac.id./index.php/JKFI

Fat-helbary, R. E., El-faragawy, K. O., & Hamed, A. (2019). *US*.

Gosar, A. (2010). Site effects and soil-structure resonance study in the Kobarid basin (NW Slovenia) using microtremors. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *10*(4), 761–772. https://doi.org/10.5194/nhess-10-761-2010

Herak, M. (2011). Overview of recent ambient noise measurements in croatia in free-field and in buildings. *Geofizika*, *28*(1), 21–40.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. 2016. *Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting, No.03/SE/M/2016*. Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. 2021. *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan, No.02/M/BM/2021*. Jakarta.

Kimpraswil, 2002, *Pedoman Konstruksi dan Bangunan Nomor: Pt T-05-2002-B tentang Penilaian Kondisi Jembatan Untuk Bangunan Atas Dengan Cara Uji Getar*, Jakarta

Manu, Agus Iqbal. (1995). *Dasar – Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. Penerbit PT. Mediatama Sapta Karya, Jakarta

Maulana, A., & Kusumawardani, R. (n.d.). Uji Durabilitas Jembatan Kereta Api Dengan Menggunakan Analisis Mikrotremor *Durability Test Of Railway Bridge By Using Microtremor Analysis*.

Mutaram, Z., Muksin, U., & Idris, Y. (2022). Kajian Respon Jembatan Di Aceh Utara Terhadap Gempa Berdasarkan Data Mikrotremor. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, *5*(3), 160–169. https://doi.org/10.24815/jarsp.v5i3.26135

Nakamura, Y. (2000). Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura ' S. *Spectrum*, 2656.

Partono, W., Irsyam, M., Prabandiyani, S., & Maarif, S. (2013). Aplikasi Metode HVSR pada Perhitungan Faktor Amplifikasi Tanah di Kota Semarang. *Jurnal Ilmu Dan Terapan Bidang Teknik Sipil*, 19(2), 125−134.

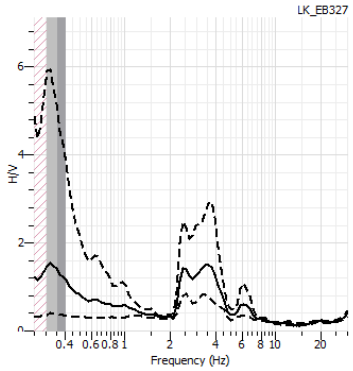
SESAME., (2004) "Guidelines For The Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations Measurements, Processing and Interpretation," Project No. EVG1-CT-2000-00026, European Commission-Research General Directorate.

Sungkono, Warnana, D. D., Triwulan, & Utama, W. (2011). Evaluation of Buildings Strength from Microtremor Analyses. *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, *11*(05), 93–99.

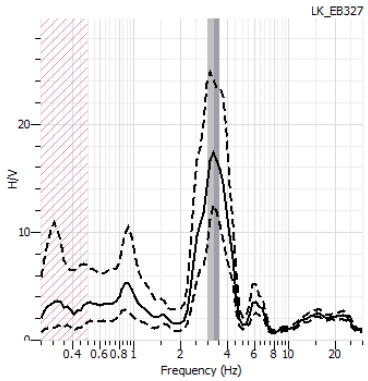
S. Ressler., 2001, *Learning Activity 1-5 of Brifge Design Tutor*, Engineering Ecounter's Bridge Design Contest.

LAMPIRAN

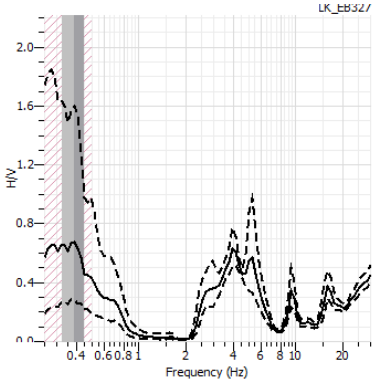
Lampiran 1 Gambar Kurva HVSR



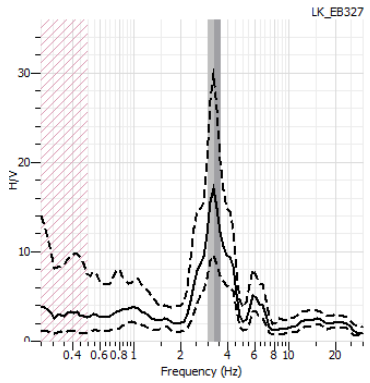
Gambar L-1.1 Kurva HVSR Titik 1



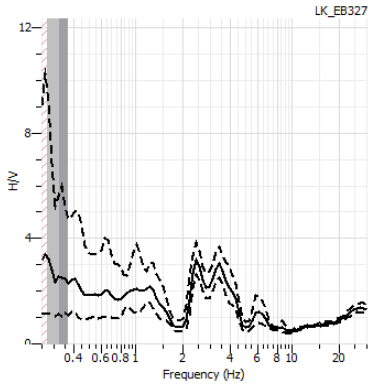
Gambar L-1.2 Kurva HVSR Titik 2



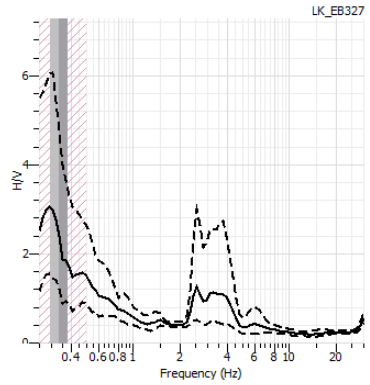
Gambar L-1.3 Kurva HVSR Titik 3



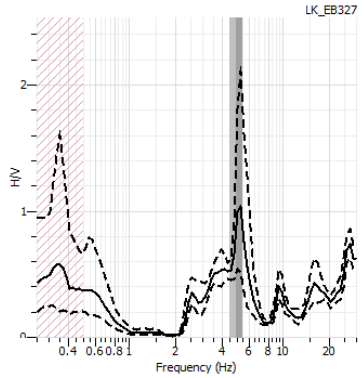
Gambar L-1.4 Kurva HVSR Titik 4



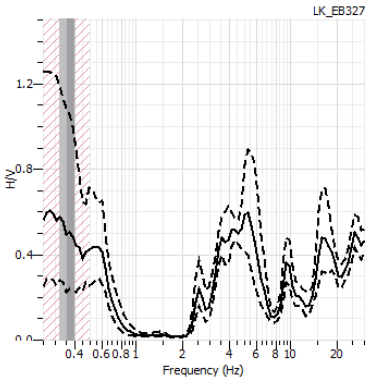
Gambar L-1.5 Kurva HVSR Titik 5



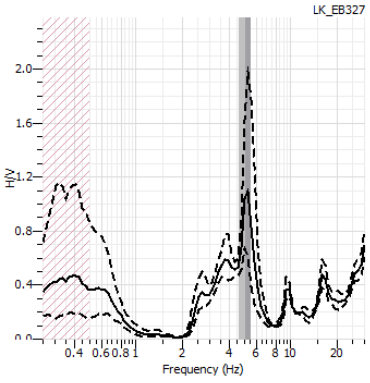
Gambar L-1.6 Kurva HVSR Titik 6



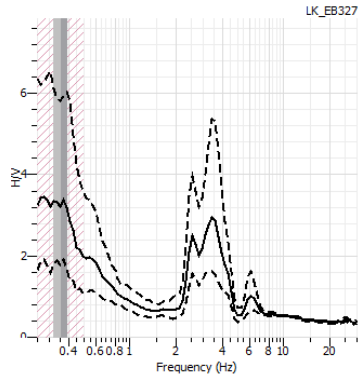
Gambar L-1.7 Kurva HVSR Titik 7



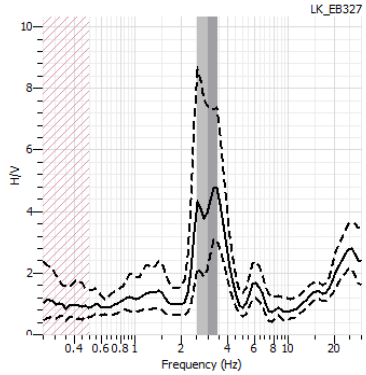
Gambar L-1.8 Kurva HVSR Titik 8



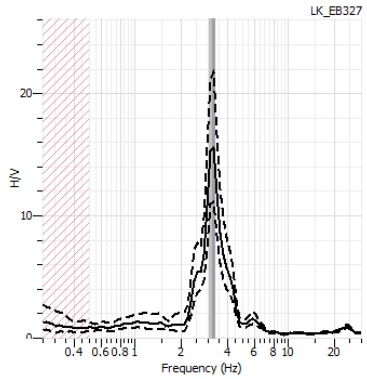
Gambar L-1.9 Kurva HVSR Titik 9



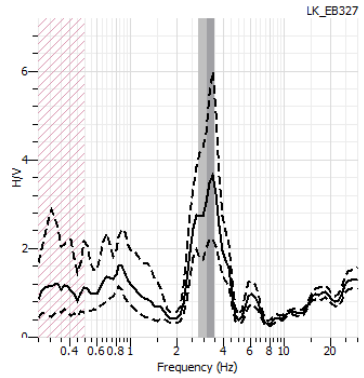
Gambar L-1.10 Kurva HVSR Titik 10



Gambar L-1.11 Kurva HVSR Titik 11



Gambar L-1.12 Kurva HVSR Titik 12



Gambar L-1.13 Kurva HVSR Titik 13

Lampiran 2 Gambar Lokasi Penelitian Jembatan Dogongan



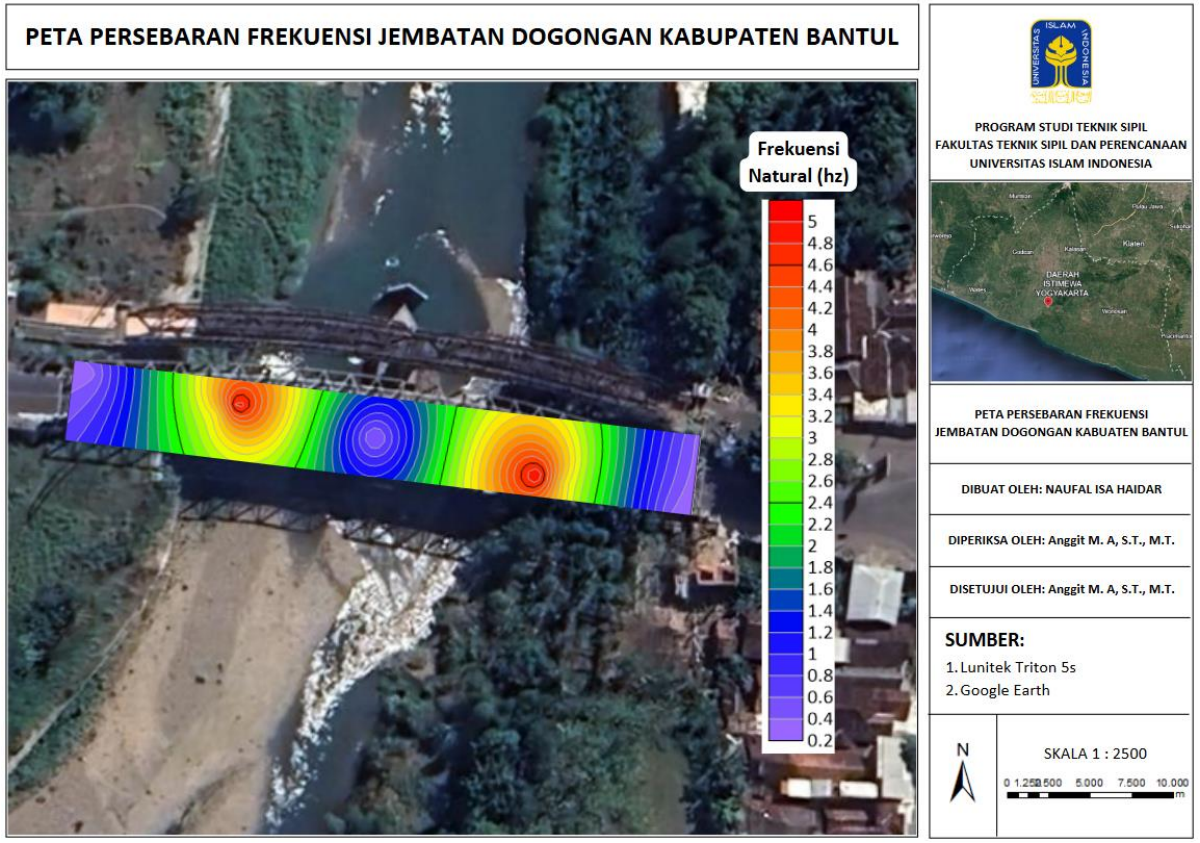
Gambar L-2.1 Lokasi Penelitian Jembatan Dogongan

Lampiran 3 Gambar Titik Pengukuran Mikrotremor Jembatan Dogongan



Gambar L-3.1 Titik Pengukuran Mikrotremor Jembatan Dogongan

Lampiran 4 Gambar Peta Persebaran Frekuensi Jembatan Dogongan



Gambar L-4.1 Peta Persebaran Frekuensi Jembatan Dogongan

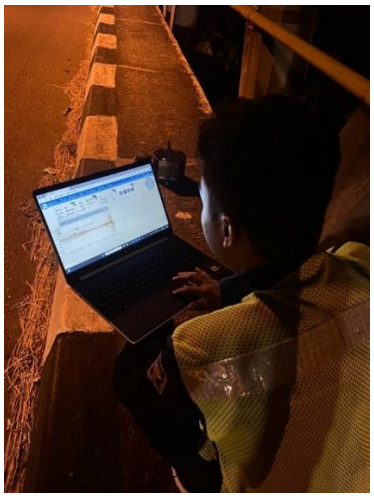
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-5.1 Dokumentasi Penelitian

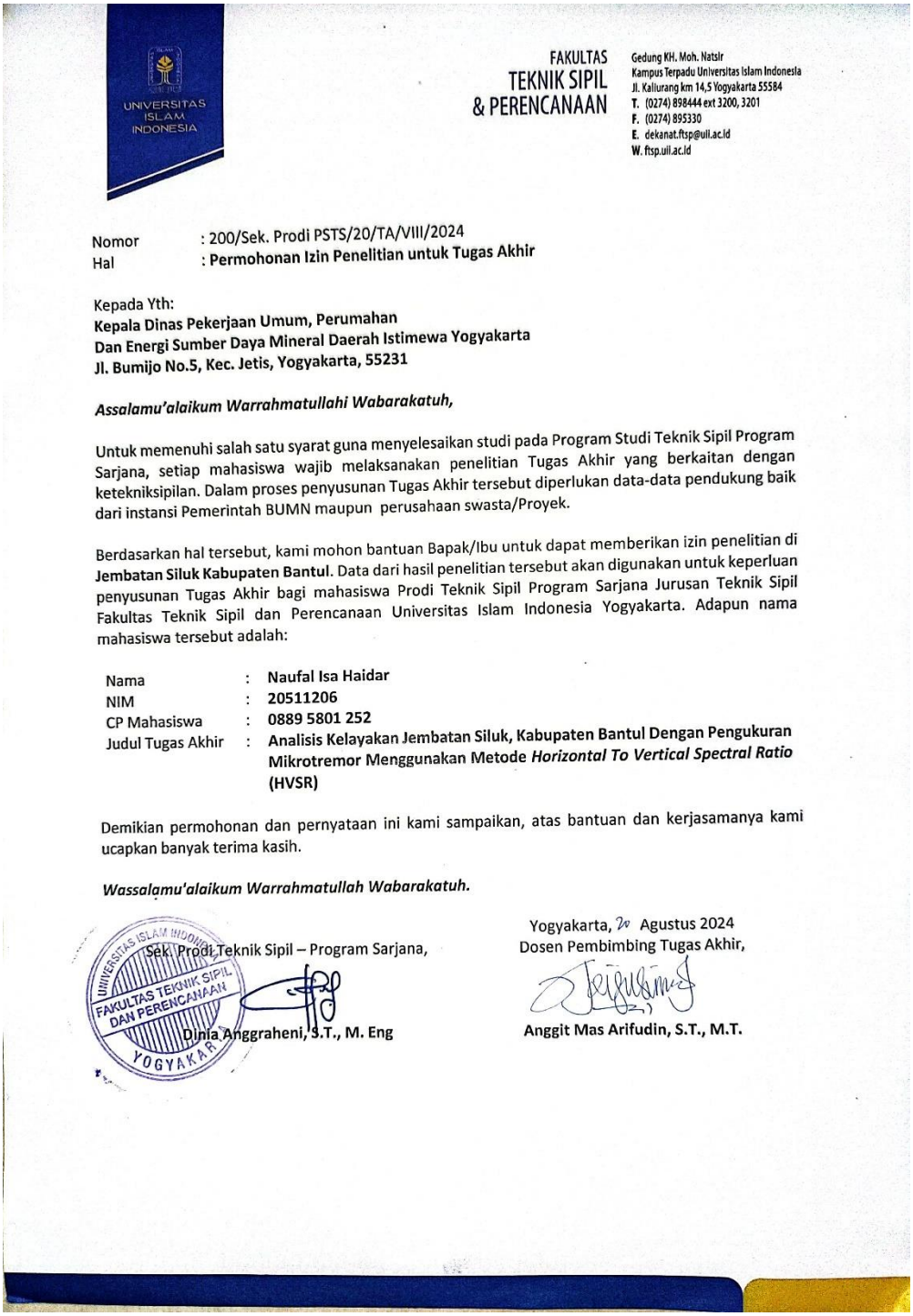


Gambar L-5.2 Dokumentasi Penelitian



Gambar L-5.3 Dokumentasi Penelitian

Lampiran 6 Surat Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan ke Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 200/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VIII/2024
Hal : **Permohonan Izin Penelitian untuk Tugas Akhir**

Kepada Yth:
Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan
Dan Energi Sumber Daya Mineral Daerah Istimewa Yogyakarta
Jl. Bumijo No.5, Kec. Jetis, Yogyakarta, 55231

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, setiap mahasiswa wajib melaksanakan penelitian Tugas Akhir yang berkaitan dengan ketekniksipilan. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir tersebut diperlukan data-data pendukung baik dari instansi Pemerintah BUMN maupun perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan hal tersebut, kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk dapat memberikan izin penelitian di **Jembatan Siluk Kabupaten Bantul**. Data dari hasil penelitian tersebut akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Prodi Teknik Sipil Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama	:	**Naufal Isa Haidar**
NIM	:	**20511206**
CP Mahasiswa	:	**0889 5801 252**
Judul Tugas Akhir	:	**Analisis Kelayakan Jembatan Siluk, Kabupaten Bantul Dengan Pengukuran Mikrotremor Menggunakan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR)**

Demikian permohonan dan pernyataan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.

Yogyakarta, 20 Agustus 2024
Sekr. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN YOGYAKARTA

Dinia Anggraheni, S.T., M. Eng

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.

Gambar L-6.1 Surat Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan ke Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral

Lampiran 7 Surat Balasan Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral



PEMERINTAH DAERAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PEKERJAAN UMUM, PERUMAHAN DAN ENERGI SUMBER DAYA MINERAL
Jl. Bumijo No. 5 Yogyakarta Telepon (0274) 589091 Faksimile (0274) 550320
Website : http://dpupesdm.jogjaprov.go.id Email : dpupesdm@jogjaprov.go.id
Kode Pos 55213

Yogyakarta, 30 - 08 - 2024

Nomor : 400.14.4.4/Pemb.Jl&Jbt/ 97 /2024
Sifat : Segera
Lampiran : -
Perihal Izin Penelitian

Kepada
Yth. Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
di -
YOGYAKARTA

Menindaklanjuti Surat Pemohonan Izin Penelitian dari Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia nomor: 200/Sek.Prodi PSTS/20/TA/VIII/2024 tanggal 20 Agustus 2024, perihal Permohonan Izin Penelitian untuk Tugas Akhir, atas nama :

NAMA	NIM	KETERANGAN
NAUFAL ISA HAIDAR	20511206	9 September 2024 s/d 14 September 2024

Maka dengan ini diizinkan melaksanakan Pengumpulan Data dan Penelitian pada **JEMBATAN DOGONGAN** di Kabupaten Bantul.

Demikian surat ini disampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Kepala Bidang Bina Marga
DPUP ESDM DIY,

PEMERINTAH DAERAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA DINAS PUPESDM

TRI MUHTOPOSIDI, S.E., S.T.
NIP. 197311252003121001

Tembusan disampaikan Kepada Yth:
1. Kepala Seksi Pembangunan Jalan dan Jembatan;
2. Kepala Seksi Pemeliharaan Jalan dan Jembatan.

Gambar L-7.1 Surat Balasan Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral

Lampiran 8 Surat Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan ke Pemerintahan Desa Selopamioro



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 205/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VIII/2024
Hal : **Permohonan Izin Penelitian untuk Tugas Akhir**

Kepada Yth:
Bapak/Ibu Kepala Desa Selopamioro
Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Yogyakarta

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, setiap mahasiswa wajib melaksanakan penelitian Tugas Akhir yang berkaitan dengan ketekniksipilan. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir tersebut diperlukan data-data pendukung baik dari instansi Pemerintah BUMN maupun perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan hal tersebut, kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk dapat memberikan izin penelitian di **Jembatan Siluk, Desa Selopamioro, Kecamatan Imogiri, Bantul, Yogyakarta**. Data dari hasil penelitian tersebut akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Prodi Teknik Sipil Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama	:	**Naufal Isa Haidar**
NIM	:	**20511206**
CP Mahasiswa	:	**0889 5801 252**
Judul Tugas Akhir	:	**Analisis Kelayakan Jembatan Siluk, Kabupaten Bantul Dengan Pengukuran Mikrotremor Menggunakan Metode *Horizontal To Vertical Spectral Ratio* (HVSR)**

Demikian permohonan dan pernyataan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.

Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

Dinja Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 20 Agustus 2024
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.

Gambar L-8.1 Surat Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan ke Pemerintahan Desa Selopamioro

Lampiran 9 Surat Balasan Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan dari Pemerintahan Desa Selopamioro



PEMERINTAH KABUPATEN BANTUL
KAPANEWON IMOGIRI
KALURAHAN SELOPAMIORO
ꦏꦭꦸꦫꦲꦤꦱꦼꦭꦺꦴꦥꦩꦶꦺꦴꦫꦺꦴ
Alamat : Lanteng II, Selopamioro, Imogiri, Bantul, Yogyakarta
Website: selopamioro.bantulkab.go.id// email: desa.selopamioro@bantulkab.go.id

SURAT KETERANGAN IJIN PENELITIAN
No: 474 / 02 / SIp / 2024

Yang bertanda tangan dibawah Lurah Kalurahan Selopamioro, Kapanewon Imogiri, Kabupaten Bantul, Provinsi DIY Menerangkan dengan sebenarnya bahwa:

Nama	:	Naufal Isa Haidar
Tempat, Tgl, Lahir	:	Gunungkidul,30 mei 2002
NIM	:	20511206
Jenis Kelamin	:	Laki-laki
Agama	:	Islam
Pekerjaan	:	Mahasiswa UII
No Mahasiswa	:	20511206
Keterangan	:	Berdasarkan surat no 205/Sek.Prodi psts/20/TA/VIII/2024 PERIHAL tentang izin penelitian kami Pemerintah kalurahan selopamioro memberikan ijin kepada mahasiswa tersebut di atas
Keperluan	:	Izin penelitan di Jembatan Siluk yang akan di laksanakan tanggal 9 Sampai 14 Septaember

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Selopamioro, 30 Agustus 2024
Lurah Kalurahan Selopamioro

PEMERINTAH KABUPATEN BANTUL
KALURAHAN SELOPAMIORO
KAPANEWON IMOGIRI

Danang Kumorojati

Gambar L-9.1 Surat Balasan Perizinan Penelitian di Jembatan Dogongan dari Pemerintahan Desa Selopamioro