004/BM/2012

MANUAL

Konstruksi dan Bangunan

PELAKSANAAN PENGUJIAN JEMBATAN

SALINAN

DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

TERKENDALI

PRAKATA

Salah satu aspek penting untuk menunjang keberhasilan pembinaan dibidang Jembatan adalah dengan tersedianya Norma, Standar ,Prosedur dan Kinerja (NSPK) yang dapat di terapkan di lapangan dengan mudah.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum telah menyusun Manual Pelaksanaan Pengujian Jembatan

Manual ini disusun dengan proses pembahasan beberapa tim ahli yang berkompeten dibidang pekerjaan jembatan, Manual Pelaksanaan Pengujian. Manual ini digunakan untuk tipe jembatan struktur Beton dan Baja, yang meliputi pengujian jembatan baru (belum beroperasi) dan jembatan lama (sudah beroperasi).

Apabila dalam pelaksanaan ditemui adanya kekurangan ataupun terdapat kekeliruan pada manual ini, mohon saran dan kritik dapat disampaikan untuk perbaikan dan penyempurnaan dikemudian hari.

SALINAN

DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA

Ir. DJOKO MURJANTO, MSc

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Daftar Isi

Manual Uji Beban Jembatan

1 Ruang lingkup ---- 1
2 Acuan normatif ---- 1
3 Istilah dan definisi ---- 1
3.1 Angker ---- 1
3.2 Aspal ---- 1
3.3 Baja ---- 2
3.4 Baut ---- 2
3.5 Beban statik ---- 2
3.6 Beban dinamik ---- 2
3.7 Bentang jembatan ---- 2
3.8 Beton ---- 2
3.9 Elastomer ---- 2
3.10 Elemen ---- 2
3.11 Fatik ---- 2
3.12 format numerik ---- 2
3.13 fraktur ---- 3
3.14 Frekuensi alami ---- 3
3.15 Galvanis ---- 3
3.16 Grouting ---- 3
3.17 Jembatan ---- 3
3.18 Jembatan rangka ---- 3
3.19 Jembatan Cantilever (Cantilever Bridge) ---- 3
3.20 Komponen ---- 3
3.21 Komposit ---- 3
3.22 Konstruksi ---- 4
3.23 Korosi ---- 4
3.24 Kunci momen ---- 4
3.25 Lendutan ---- 4
3.26 Longitudinal ---- 4
3.27 Metoda elastis ---- 4
3.28 Modulus young ---- 4
3.29 Mortar ---- 4
3.30 Pelat ---- 4
3.31 Pemeriksaan detail ---- 5
3.32 Pemeriksaan khusus ---- 5
3.33 Pengamanan Jembatan ---- 5
3.34 Prategang ---- 5
3.35 Profil ---- 5
3.36 Regangan ---- 5
3.37 Sistem lantai ---- 5
3.38 Specific gravity ---- 5
3.39 Struktur ---- 5
3.40 Struktural ---- 6
3.41 Tegangan ---- 6
3.42 Tendon ---- 6
3.43 Tingkat kerusakan ---- 6
3.44 Titik leleh ---- 6
3.45 Transversal ---- 6
3.46 Tulangan ---- 6

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

3.47 Umur pelayanan ---- 6
4 Ketentuan Umum ---- 6
5 Aturan Pengujian Beban ---- 7
6 Kebutuhan Sumber Daya Manusia ---- 7
6.1 Tenaga Ahli ---- 9
6.2 Tenaga Pendukung ---- 11
7 Kebutuhan Peralatan Pengujian ---- 11
7.1 Peralatan Pengujian ---- 11
7.1.1 Peralatan Utama ---- 11
7.1.1.1 Peralatan Uji Visual ---- 12
7.1.1.2 Peralatan Uji Beban Statik ---- 13
7.1.1.3 Peralatan Uji Beban Dinamis ---- 13
7.1.2 Peralatan Pendukung Pengujian ---- 13
7.1.3 Peralatan Keselamatan Kerja ---- 14
7.1.4 Penjelasan dan Fungsi Alat ---- 14
7.1.4.1 Alat Uji Visual ---- 20
7.1.4.2 Alat Uji Statik ---- 22
7.1.4.3 Alat Uji Beban Dinamik ---- 28
7.2 Dokumen Pengujian ---- 30
8 Waktu Pengujian ---- 30
9 Lokasi Pengujian ---- 31
10 Jadwal Pengujian ---- 33
11 Pelaksanaan Pengujian ---- 33
11.1 Persiapan ---- 33
11.1.1 Persiapan Teknis ---- 33
11.1.2 Persiapan Administratif ---- 34
11.2 Pengujian Lapangan ---- 34
11.2.1 Pemeriksaan Visual ---- 35
11.2.2 Pengujian Beban Statis ---- 42
11.2.3 Pengujian Beban Dinamis ---- 45
11.2.4 Pengendalian dan Keamanan Pengujian ---- 47
11.3 Pengolahan Data ---- 48
11.4 Hasil Pengujian ---- 48

Lampiran 1 Bentuk Form Pengujian

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Daftar Tabel

Tabel 1 Peralatan Uji Visual ---------- 12
Tabel 2 Peralatan Pengujian Beban Statis ---------- 12
Tabel 3 Peralatan Uji Beban Dinamis ---------- 13
Tabel 4 Kriteria Teknis Jembatan ---------- 28
Tabel 5 Material Utama yang Digunakan pada Jembatan ---------- 29
Tabel 6 Jadwal Pengujian Jembatan ---------- 32

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Daftar Gambar

Gambar 1 UPV ---- 14
Gambar 2 PUNDIT ---- 15
Gambar 3 Hammer Test ---- 16
Gambar 4 Kunci Momen (torgue wrench) ---- 17
Gambar 5 Total Station ---- 18
Gambar 6 Waterpass ---- 18
Gambar 7 Crack Detection Microscoupe ---- 20
Gambar 8 Pemasangan Strain gauges pada Elemen Struktural ---- 21
Gambar 9 Data Logger dan Switch Box ---- 21
Gambar 10 Smart Dynamic Strain Recorder ---- 22
Gambar 11 Acceleration Transducer Terpasang pada Elemen Jembatan ---- 22
Gambar 12 Contoh Output Uji Dinamik (4 Akselerator terpasang) ---- 23
Gambar 13 Contoh Analisis Matematis Frekuensi Alami Jembatan (4 Akselerator terpasang) ---- 23
Gambar 14 Model Standar Perangkat Blastmate ---- 24
Gambar 15 Prinsip Kerja Sensor Geophone Blastmate III ---- 25
Gambar 16 Contoh Output Blastmate III ---- 26
Gambar 17 STS – WiFi Node ---- 27
Gambar 18 STS – WiFi Mobile Base Station ---- 27
Gambar 19 BDI Strain & Acceleration Transducer ---- 27
Gambar 20 Contoh Display Software PC saat Pengukuran ---- 28
Gambar 21 Tahap 1 (tidak ada truk) ---- 38
Gambar 22 Tahap 2 (4 buah dump truck) ---- 38
Gambar 23 Tahap 3 (8 buah dump truck) ---- 38
Gambar 24 Tahap 4 (12 buah dump truck) ---- 38
Gambar 25 Truk telah memenuhi setengah bentang ---- 38
Gambar 26 Tahap UnLoading 1 (truk memenuhi setengah bentang) ---- 39
Gambar 27 Tahap UnLoading 2 (dikurangkan 2 buah dump truck) ---- 39
Gambar 28 Tahap 3 UnLoading ---- 39
Gambar 29 Perbandingan Suatu Contoh Lendutan yang Terhitung dan yang Terukur (yang terlihat di dalam tanda kurung) dari Gelagar Utama akibat Pembebanan ---- 41
Gambar 30 Suatu Contoh Vibrograf Ideal dari Perpindahan Vertikal Gelagar Jembatan. 44
Gambar 31 Getaran Vertikal Frekuensi Alami ---- 49
Gambar 32 Getaran Transversal Frekuensi Alami ---- 50
Gambar 33 Getaran Longitudinal Frekuensi Alami ---- 50
Gambar 34 Bentuk Deformasi Modal Pertama Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung ---- 51
Gambar 35 Bentuk Deformasi Modal Kedua Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung ---- 51
Gambar 36 Bentuk Deformasi Modal Ketiga Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung ---- 52
Gambar 37 Hasil Pengujian Beban Dinamis pada Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung (Tampilan Event Report) ---- 52
Gambar 38 Hasil Pengujian Beban Dinamis pada Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung (Tampilan FFT Report) ---- 53

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Manual

Uji Beban Jembatan

1 Ruang lingkup

Manual ini merupakan ketentuan pelaksanaan pengujian jembatan untuk tipe jembatan struktur beton dan baja. Pengujian jembatan ini meliputi pengujian jembatan baru (belum beroperasi) dan jembatan lama (sudah beroperasi). Dalam pedoman ini akan dibahas proses pengujian, dari mulai persiapan administratif, persiapan teknis sampai dengan pelaksanaan pengujian beban di lapangan. Dalam manual ini juga diberikan contoh studi kasus dari kedua struktur jembatan yang ada.

2 Acuan normatif

Acuan yang digunakan sebagai dasar acuan awal dalam pelaksanaan penyusunan, diantaranya:

- UU No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan
- PP No. 34 Tahun 2006 Tentang Jalan
- Permen PU No.11/PRt/M/2010 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Laik Fungsi Jalan
- UU No. 22 Tahun 2009 Tentang Angkutan Lalulintas Jalan
- SK SNI T-02-2005: Pembebanan Jembatan
- SK SNI T-12-2004: Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan
- SK SNI T-03-2005: Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan

3 Istilah dan definisi

Definisi dari beberapa istilah yang digunakan dalam buku manual uji ini adalah sebagai berikut:

3.1 Angker

Bagian jembatan sebagai penambat tetap terhadap pergerakan lateral atau longitudinal.

3.2 Aspal

Lapis atas perkerasan elastik.

3.3 Baja

Material dengan kekerasan cukup tinggi yang umum digunakan pada suatu jenis konstruksi bangunan atau jembatan.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

3.4 Baut

Elemen untuk mengikat elemen struktur yang terpisah yang dikencangkan dengan suatu kunci momen.

3.5 Beban statik

Kekuatan mekanik yang diterapkan perlahan ke suatu objek.

3.6 Beban dinamik

Kekuatan mekanik yang diterapkan secara cepat/memaksa ke suatu objek.

3.7 Bentang jembatan

Ukuran jarak as ke as pada abutmen atau pilar jembatan.

3.8 Beton

Material batu buatan yang mampu menahan tekan tetapi tidak mampu menahan tarik.

3.9 Elastomer

Perletakan elastik tempat tumpuan girder baja atau girder beton.

3.10 Elemen

Bagian dari suatu struktur jembatan.

3.11 Fatik

Beban pada jembatan yang bersifat berulang dan terus menerus.

3.12 format numerik

Bentuk baku berdasarkan analisis yang diberikan oleh komputer.

3.13 fraktur

Keretakan secara tiba-tiba pada struktur baja setelah adanya kerusakan kecil yang bersifat desktruktif.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

3.14 Frekuensi alami

Banyaknya geteran pada struktur jembatan yang dipengaruhi bentuk dan dimensi geometri jembatan.

3.15 Galvanis

lapisan khusus pada elemen baja untuk mengatasi perkaratan.

3.16 Grouting

Upaya memberikan zat pengisi terhadap bagian struktur beton yang mengalami keretakan kecil.

3.17 Jembatan

Sistem struktur dengan dua perletakan atau lebih yang direncanakan secara analitis dan sistematis untuk menyeberangkan angkutan di atasnya melewati suatu halangan, sungai atau lautan.

3.18 Jembatan rangka

Tipe struktur jembatan dengan mengkombinasikan elemen-elemen baja sesuai kriteria desain dan aspek-aspek teknis yang mengikat.

3.19 Jembatan Cantilever (Cantilever Bridge)

Tipe struktur jembatan penyangga berupa balok horizontal yang disangga oleh tiang penopang hanya pada salah satu pangkalnya.

3.20 Komponen

Bagian dari elemen suatu struktur yang mendukung terintegrasinya suatu sistem.

3.21 Komposit

Aksi perilaku bersama antara dua atau lebih material yang memiliki karakteristik yang berbeda.

3.22 Konstruksi

Sistem struktur yang dibuat manusia dengan menerapkan kaidah-kaidah desain.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

3.23 Korosi

Kerusakan pada elemen jembatan akibat pengikatan uap air oleh karat baja.

3.24 Kunci momen

Alat untuk mengencangkan baut yang dilengkapi skala kekencangan tertentu.

3.25 Lendutan

Perubahan geometrik elemen struktur akibat momen lentur.

3.26 Longitudinal

Arah memanjang jembatan.

3.27 Metoda elastis

Kriteria desain dengan menerapkan hubungan linear tegangan vs regangan.

3.28 Modulus young

Tetapan bahan yang menunjukkan tingkat elastisitas bahan merupakan harga tangens dari grafik tegangan vs regangan.

3.29 Mortar

Bahan untuk pengisi suatu adukan semen yang telah dibersihkan dan memenuhi persyaratan lainnya.

3.30 Pelat

Bagian struktur yang dominan mengalami biaxial lentur dan torsi.

3.31 Pemeriksaan detail

Bisa disebut juga pemeriksaan visual, merupakan pemeriksaan untuk mengetahui kondisi jembatan dan elemennya guna mempersiapkan strategi penanganan untuk setiap individual jembatan dan membuat urutan prioritas jembatan sesuai dengan jenis penanganannya.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

3.32 Pemeriksaan khusus

Pemeriksaan yang disarankan oleh pemeriksa jembatan pada waktu pemeriksaan detail karena pemeriksa merasa kurangnya data, pengalaman atau keahlian untuk menentukan kondisi jembatan.

3.33 Pengamanan Jembatan

Mempersiapkan jembatan dalam kondisi tidak digunakan dan terbebas dari gangguan luar berupa beban statis maupun dinamis.

3.34 Prategang

Suatu teknik memberikan momen lentur berlawanan dengan arah lentur beban sehingga meningkatkan kapasitas muat suatu elemen struktur.

3.35 Profil

Baja penampang tertentu yang digunakan dalam konstruksi.

3.36 Regangan

Perbandingan perubahan dilatasi terhadap panjang semula.

3.37 Sistem lantai

Konstruksi terintegrasi antara stringer, pelat beton, cross girder, stud, pelat gelombang dan komponen pendukung lainnya.

3.38 Specific gravity

Ukuran perbandingan relatif kerapatan suatu zat terhadap kerapatan zat lain yang dianggap standard.

3.39 Struktur

Suatu tatanan konstruksi buatan manusia dengan menerapkan kaidah-kaidah alam, aturan dan spesifikasi teknis yang merupakan pedoman bersama.

3.40 Struktural

Elemen-elemen jembatan yang dominan menerima beban-beban utama.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

3.41 Tegangan

Kondisi tarik atau tekan yang merupakan ukuran gaya per satuan penampang.

3.42 Tendon

Kabel prategang yang terdiri dari banyak strand.

3.43 Tingkat kerusakan

Kategori kerusakan elemen struktur dalam klasifikasi yang sudah ditetapkan sebelumnya.

3.44 Titik leleh

Ukuran tertinggi batas linear elastik sebagai dasar perencanaan tegangan kerja

3.45 Transversal

Arah melintang jembatan.

3.46 Tulangan

Komponen baja batangan pada beton bertulang sebagai bagian yang menerima beban tarik.

3.47 Umur pelayanan

Masa penggunaan suatu konstruksi

4 Ketentuan Umum

Di dalam pengujian beban jembatan harus memperhatikan aspek-aspek sebagai berikut:

1. Desain dan konstruksi
2. Lingkungan
3. Metode yang digunakan
4. Keselamatan dan kenyamanan

5 Aturan Pengujian Beban

Pada uji pembebanan struktur jembatan, beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya:

1. Pengujian harus memberikan informasi mengenai kondisi tegangan dan deformasi bagian utama dalam struktur jembatan.
2. Pengujian harus mencerminkan daya dukung beban struktur

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Daya dukung merupakan indeks sintetik mekanika fisik dari struktur, termasuk kekuatan, kekakuan, stabilitas respon, dinamis, dan lain-lain. Hal ini juga berbeda untuk sistem struktural yang berbeda. Oleh karena itu, dalam dasar analisis struktural sebelumnya, metode yang tepat harus diadopsi dalam pengujian untuk mengevaluasi daya dukung beban struktur.

3. Beban uji harus tidak menyebabkan kerusakan struktur

   Tujuan dari pengujian pembebanan jembatan adalah untuk memperoleh kapasitas beban aktual jembatan dan menjamin pelayanan yang aman di bawah beban lalu lintas. Oleh karena itu, pengujian yang dilakukan tidak boleh menyebabkan kehancuran atau kerusakan pada struktur jembatan. Dari pelaksanaan pengujian, tidak menyebabkan kerusakan retak baru, tidak ada beton terkelupas atau kerusakan lainnya, lendutan maksimum dikontrol dalam rentang yang diijinkan, dan regangan penampang / stres dikendalikan tidak melebihi nilai yang diijinkan.

6 Kebutuhan Sumber Daya Manusia

6.1 Tenaga Ahli

Tenaga ahli yang dibutuhkan untuk terlibat dalam pelaksanaan pengujian ini setidak-tidaknya adalah sebagai berikut:

1. Ahli Jembatan

   Memiliki tugas dan tanggung jawab:

   a. Melakukan koordinasi dengan seluruh tim dalam melaksanakan tugas;
   b. Menyusun jadwal dan rencana tahapan kegiatan pengujian di lapangan;
   c. Melakukan penelaahan sistem survey pemeriksaan kondisi jembatan;
   d. Melakukan pemodelan pembebanan jembatan, untuk beban dinamis maupun beban statis;
   e. Melakukan analisis perilaku jembatan pada saat dilakukan pengujian;
   f. Mengkoordinir pelaksanaan pengujian serta analisis kondisi jembatan yang diuji;
   g. Bertanggungjawab terhadap seluruh pelaksanaan pengujian.

2. Ahli Struktur Beton

   Memiliki tugas:

   a. Menentukan jenis alat yang diperlukan untuk pelaksanaan pengujian jembatan dengan struktur beton;
   b. Menilai kondisi jembatan mencakup penggunaan teknologi dan peralatan pemeriksaan jembatan dengan struktur beton;
   c. Melakukan pemeriksaan visual jembatan beton pra dan pasca pengujian;

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

d. Melakukan analisis struktur jembatan, meliputi desain beban rencana dan pemodelan beban uji;
e. Membantu ahli jembatan dalam melaksanakan analisis perilaku jembatan dengan struktur beton pada saat dilakukan pengujian;
f. Bekerjasama dengan tenaga ahli lainnya dalam menentukan kebijakan toleransi hasil pengamatan di lapangan dengan hasil pemodelan.
g. Bertanggungjawab terhadap hasil analisis terkait dengan struktur jembatan.

3. Ahli Struktur Baja

Memiliki tugas:

a. Menentukan jenis alat yang diperlukan untuk pelaksanaan pengujian jembatan dengan struktur baja;
b. Menilai kondisi jembatan mencakup penggunaan teknologi dan peralatan pemeriksaan jembatan dengan struktur baja;
c. Melakukan pemeriksaan visual jembatan baja pra dan pasca pengujian;
d. Melakukan analisis struktur jembatan, meliputi desain beban rencana dan pemodelan beban uji;
e. Membantu ahli jembatan dalam melaksanakan analisis perilaku jembatan dengan struktur beton pada saat dilakukan pengujian;
f. Bekerjasama dengan tenaga ahli lainnya dalam menentukan kebijakan toleransi hasil pengamatan di lapangan dengan hasil pemodelan.
g. Bertanggungjawab terhadap hasil analisis terkait dengan struktur jembatan.

4. Ahli Instrumentasi

Memiliki tugas dan tanggung jawab:

a. Mempersiapkan seluruh kebutuhan yang mendukung dalam pelaksanaan pemasangan alat di lapangan;
b. Menentuan lokasi pemasangan alat pengujian;
c. Mengkoordinir proses pemasangan alat uji dan sensor di lapangan;
d. Memantau ketersediaan alat yang telah dipasang di lapangan tetap berjalan baik hingga pengujian selesai dilaksanakan;
e. Membantu tenaga ahli lain dalam pembacaan dan pengoperasian alat uji di lapangan.
f. Bertanggungjawab terhadap semua kegiatan pengujian yang terkait dengan instrumentasi.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

5. Ahli Geodesi

   Memiliki tugas:

   a. Merencanakan jenis alat dan menentukan posisi penempatan alat pengukuran defleksi jembatan yang paling penting dan signifikan;
   b. Melakukan pengukuran defleksi jembatan;
   c. Memberikan informasi hasil pengujian pada setiap tahapan kepada ahli jembatan dan ahli struktur;
   d. Bertanggungjawab terhadap pelaksanaan pengujian yang terkait dengan bidang geodesi.

6. Ahli Geoteknik

   Memiliki tugas:

   a. Membantu ahli struktur dalam melakukan pemeriksaan visual jembatan;
   b. Melakukan pengamatan terhadap perilaku bagian bawah jembatan;
   c. Melakukan pemetaan karakteristik lingkungan tanah sekitar penempatan pondasi jembatan;
   d. Mengamati perilaku jembatan bagian bawah saat dilaksanakan proses pengujian lapangan;
   e. Bertanggungjawab terhadap pelaksanaan pengujian yang terkait dengan bidang geoteknik.

6.2 Tenaga Pendukung

Tenaga Pendukung merupakan operator yang akan membantu tenaga ahli saat pelaksanaan pengujian di lapangan. Beberapa tenaga pendukung yang dibutuhkan beserta tugas dan tanggung jawabnya adalah sebagai berikut:

1. Operator Total Station

   Memiliki tugas:

   a. Mempersiapkan dan menempatkan alat pada posisinya sesuai dengan instruksi Ahli Geodesi;
   b. Mengoperasikan alat Total Station saat pelaksanaan pengujian berlangsung dan mencatat setiap pergerakan (besarnya lendutan, dll) dari jembatan yang diamati;
   c. Mencatat seluruh hasil pengamatan Total Station pada setiap tahapan pengujian;
   d. Melaporkan setiap hasil pembacaan yang terjadi pada tenaga ahli geodesi sebagai bahan masukan dalam pelaksanaan tahapan pengujian lapangan selanjutnya;

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

2. Pengatur kendaraan uji

   Memiliki tugas:

   a. Mempersiapkan kebutuhan kendaraan uji sesuai dengan yang telah ditetapkan oleh shli struktur;
   b. Mengatur posisi kendaraan uji sesuai dengan posisi uji di jembatan berdasarkan instruksi ahli struktur;
   c. Mengatur lalu lintas kendaraan uji saat pelaksanaan pengujian;
   d. Menghitung waktu kendaraan saat masuk, diam, dan berpindah tempat, serta meninggalkan posisi uji di jembatan.

3. Pemasang Peralatan Instrumentasi

   Memiliki tugas:

   a. Mempersiapkan kebutuhan peralatan instrumentasi sesuai dengan instruksi ahli instrumentasi
   b. Melaksanakan pemasangan sensor dan melakukan setting alat di lapangan;
   c. Membantu ahli instrumentasi dalam memantau alat serta sensor yang dipasang berjalan dengan baik;
   d. Mengganti alat sensor jika saat pelaksanaan pengujian terdapat error.

4. Pelaksana Administrasi

   Memiliki tugas:

   a. Mengurus administrasi dan perijinan dengan pemerintah terkait untuk kelancaran pelaksanaan pengujian di lapangan;
   b. Membantu tenaga ahli dalam melaksanakan tugasnya terkait dengan pengaturan waktu pelaksanaan pengujian.

5. Pengamanan Jembatan (dibantu Dinas Terkait)

   Memiliki tugas:

   a. Mempersiapkan perangkat pendukung pengamanan jembatan;
   b. Menutup jembatan dari lalu lintas kendaraan (jika jembatan sudah dioperasikan);
   c. Memastikan kondisi jembatan aman dari gangguan sekeliling (masyarakat, maupun pihak lain) untuk dilaksanakan pengujian;
   d. Mengatur akses lalu lintas alternatif bagi kendaraan lain, jika jembatan yang akan diuji telah beroperasi (tidak ada lalu lintas).

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

6. Pembantu Umum

   Memiliki tugas dan tanggung jawab:

   a. Membantu tenaga ahli dalam menyediakan semua peralatan yang dibutuhkan saat pengujian;
   b. Memastikan semua peralatan yang diperlukan telah tersedia dan siap digunakan;
   c. Memenuhi kebutuhan tenaga ahli dan yang lainnya di lapangan saat pelaksanaan pengujian berlangsung.

7 Kebutuhan Peralatan Pengujian

7.1 Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan terdiri dari dua kelompok alat, yaitu peralatan utama dan peralatan pendukung. Setiap alat yang akan digunakan harus dipastikan terlebih dahulu dalam keadaan baik dan telah dikalibrasi, sehingga siap dipergunakan. Selain peralatan pengujian, diperlukan pula peralatan pendukung keselamatan kerja untuk menghindari terjadinya kejadian yang tidak dikehendaki, terjadi pada waktu melakukan pekerjaan pengujian maupun persiapan.

7.1.1 Peralatan Utama

7.1.1.1 Peralatan Uji Visual

Peralatan utama yang diperlukan saat pelaksanaan uji visual sedikit berbeda untuk jenis jembatan struktur baja dan struktur beton, diantaranya:

1) Jembatan struktur baja:
   a. Crack Detection Microscoupe/Crack Meter
   b. Kunci momen (*torgue wrench*)
   c. Total Station
   d. Waterpass
2) Jembatan struktur beton:
   a. UPV (Ultrasonic Pulse Velocity) atau PUNDIT
   b. Hammer Test
   c. Crack Detection Microscoupe/Crack Meter
   d. Total Station
   e. Waterpass

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Jenis peralatan pengujian visual yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 Peralatan Uji Visual

Jenis Pengujian	Peralatan Uji	Keterangan
Pengukuran Retak	Crack Detection Microscoupe/Crack Meter	Ketelitian: 0,02 mm Pembesaran hingga 35x
Kekencangan Baut	Kunci Momen (*torgue wrench*)	Ketelitian: 1 – 5%
Deformasi Longitudinal	Automatic Level Sokkia B21	- Pembesaran Lensa: 32x - Ketelitian: 1.0 mm - Minimun Focus: 2.3 M
pengukuran non-destruktif (kekuatan tekan karakteristik) beton	Test Hammer NJ-80	Ukuran: 100 – 600 Kg/cm^2 Energi Impact: 1,4 Kg
Deflection test	Zeiss DiNi-12 Water level gauge with high precision (Germany)	±-0.01mm

7.1.1.2 Peralatan Uji Beban Statik

Peralatan utama yang diperlukan saat pelaksanaan uji beban statik diantaranya:

1) Strain Gauge

   Strain gauge memiliki kekhususan tersendiri untuk struktur baja dan beton, sehingga dalam penggunaannya, untuk pengujian statik di jembatan baja digunakan strain gauge baja, dan untuk di struktur beton digunakan strain gauge beton.

2) Data Logger Static
3) Switch Box (jika dibutuhkan)
4) Total Station
5) Truk Uji

Jenis peralatan pengujian beban statis yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2 Peralatan Pengujian Beban Statis

Jenis Pengujian	Peralatan Uji	Keterangan
Pengukur Regangan	Strain Gauge	Mengukur sampai 10% +/-3000 microstrains
Penerima Regangan	Data Logger	-
Cable force	JMM-268-2 Dynamic measurement device of cable force (China)	0.5%±0.01Hz
Deflection test	Zeiss DiNi-12 Water level gauge with highprecision (Germany)	±-0.01mm
Deformasi Longitudinal	Automatic Level Sokkia B21	Pembesaran Lensa: 32x Ketelitian: 1.0 mm Minimun Focus: 2.3 M

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

7.1.1.3 Peralatan Uji Beban Dinamis

Peralatan utama yang diperlukan saat pelaksanaan uji beban dinamik diantaranya:

1) Blastmate atau Accelerometer 3 arah
2) Data Logger Dynamic
3) Switch Box (jika dibutuhkan)
4) Balok Uji
5) Truk Uji

Jenis peralatan pengujian beban dinamis yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3 Peralatan Uji Beban Dinamis

Jenis Pengujian	Peralatan Uji	Keterangan
Mengetahui Frekuensi Alami Jembatan	*Smart Dynamic Strain Recorder* dan *Acceleration Transducer*	
Mengukur getaran/karakteristik dinamik	Blastmate III	Ketelitian: + / - 5% atau 0.5 mm/det (0.02 in/det)

7.1.2 Peralatan Pendukung Pengujian

Peralatan pendukung pada saat pelaksanaan pengujian, diantaranya:

1) Baju & Topi Seragam
2) Handy Talky
3) Pilox
4) Palu + Paku (secukupnya)
5) Plastik Tipis (pelindung hujan)
6) Double Tape
7) Gunting
8) Kelengkapan Memanjat (untuk memasang sensor, dll)
9) Kamera Digital
10) Handycam
11) Walking Measure

7.1.3 Peralatan Keselamatan Kerja

Peralatan keselamatan kerja diperlukan dan harus dipersiapkan untuk menghindari terjadinya kejadian yang tidak dikehendaki pada waktu melakukan pekerjaan pengujian maupun persiapan. Beberapa peralatan keselamatan kerja yang dibutuhkan diantaranya:

1. Peralatan Safety Hat, berguna untuk melindungi kepala dari jatuhan maupun benturan benda keras selama pelaksanaan pengujian maupun persiapan/pemasangan alat.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

2. Safety shoes, berguna untuk menghindarkan terpeleset karena licin atau melindungi kaki dari kejatuhan benda keras dan sebagainya.
3. Sarung tangan, dibutuhkan pada waktu mengerjakan pekerjaan yang berhubungandengan bahan yang keras, misalnya membuka atau mengencangkan baut dan sebagainya.
4. Safety Belt, berguna untuk melindungi tubuh dari kemungkinan terjatuh, terutama pada saat memasang peralatan sensor.
5. Full body harness, untuk bekerja di ketinggian melebihi 1,24 meter, berguna untuk melindungi tubuh dari kemungkinan terjatuh, terutama pada saat memasang peralatan sensor.

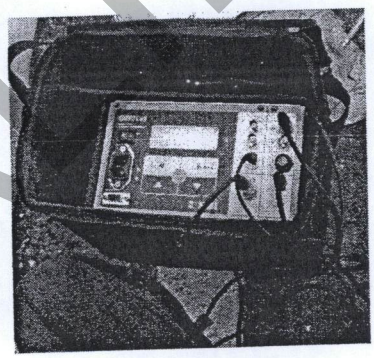
7.1.4 Penjelasan dan Fungsi Alat

7.1.4.1 Alat Uji Visual

Beberapa keterangan mengenai alat uji visual yang dibutuhkan serta fungsi/kegunaannya adalah sebagai berikut:

1) UPV (Ultrasonic Pulse Velocity)

Secara umum penggunaan UPV pada beton adalah untuk memperkirakan kekuatan beton, mengetahui homogenitas beton dan mendeteksi kerusakan beton, misal adanya rongga ataupun retak.



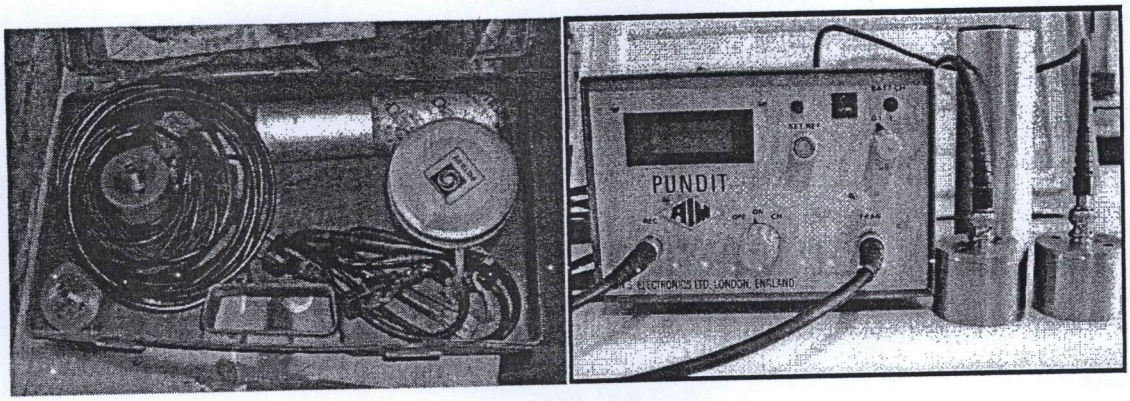
Gambar 1 UPV

2) PUNDIT

PUNDIT (Portable Ultrasonic Non Destructive Indicating Tester) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kedalaman retak arah horisontal. Pengukuran dilakukan dengan metode ultrasonic. Pengukuran kedalaman retak hanya dapat dilakukan pada retak yang tampak di permukaan. Sebelum pengukuran dilakukan, pada lokasi titik ukur terlebih dahulu dilakukan pengecekan terhadap kemungkinan terjadinya delaminasi. Caranya dengan mengetuk permukaan dengan palu. Adanya delaminasi ditunjukkan dengan suara ketukan yang terasa kosong. Apabila terjadi delaminasi, maka lapisan yang mengalami delaminasi diusahakan dikupas terlebih dahulu.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 2 PUNDIT

3) Hammer Test

Hammer test yaitu suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton. Disamping itu dengan menggunakan metode ini akan diperoleh cukup banyak data dalam waktu yang relatif singkat dengan biaya yang murah. Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban intact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan juga setelah dikalibrasi, dapat memberikan pengujian ini adalah jenis "Hammer". Alat ini sangat berguna untuk mengetahui keseragaman material beton pada struktur. Karena kesederhanaannya, pengujian dengan menggunakan alat ini sangat cepat, sehingga dapat mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang singkat.

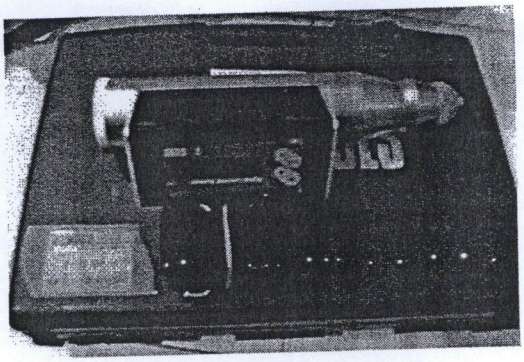
Alat ini sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan. Oleh karena itu, diperlukan pengambilan beberapa kali pengukuran disekitar setiap lokasi pengukuran, yang hasilnya kemudian dirata-ratakan British Standards (BS) mengisyaratkan pengambilan antara 9 sampai 25 kali pengukuran untuk setiap daerah pengujian seluas maksimum 300 mm2.

Secara umum alat ini bisa digunakan untuk:

a. Memeriksa keseragaman kwalitas beton pada struktur.
b. Mendapatkan perkiraan kuat tekan beton.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 3 Hammer Test

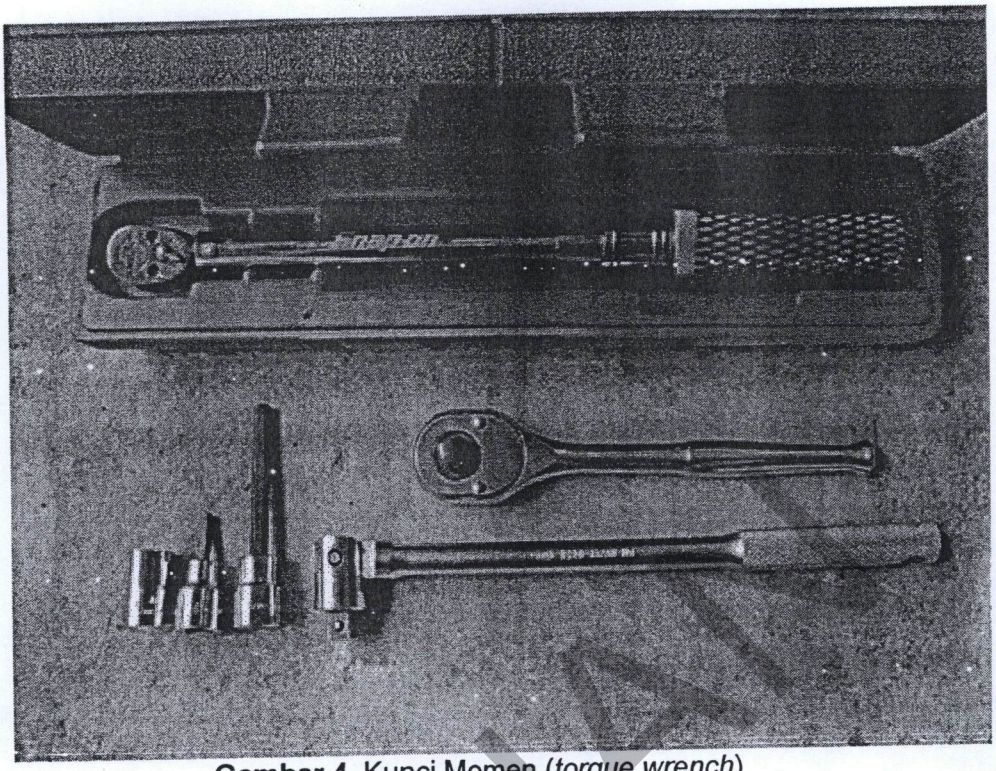
4) Kunci momen (*torgue wrench*)

Kunci momen (*torgue wrench*) digunakan untuk mengukur gaya putar pada baut dan mur agar mencapai momen kekencangan tertentu. Jenis kunci momen yang ada terdiri atas model deflecting beam (batang jarum), model dial indicator, dan model setting micrometer. Kunci momen model deflecting beam,menunjukkan besar ukuran momen kekencangan oleh sebuah batang penunjuk. Batang penunjuk akan bergerak dan menunjuk pada skala tertentu seiring dengan besarnya momen pengencangan yang dilakukan. Pada model lain, momen kekencangan yang diinginkan dapat diatur dengan cara menyetel ukuran kekencangan (setting micrometer) pada tangkai kunci momen.

Kunci momen dipakai untuk mengetahui besarnya momen kekencangan yang diharapkan sesuai spesifikasi kekencangan baut atau mur. Setiap kunci momen memiliki momen maksimum (*maximum torque*), yang merupakan batas tertinggi kekencangan yang dapat diukur oleh kunci momen.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 4 Kunci Momen (*torgue wrench*)

5) Total Station

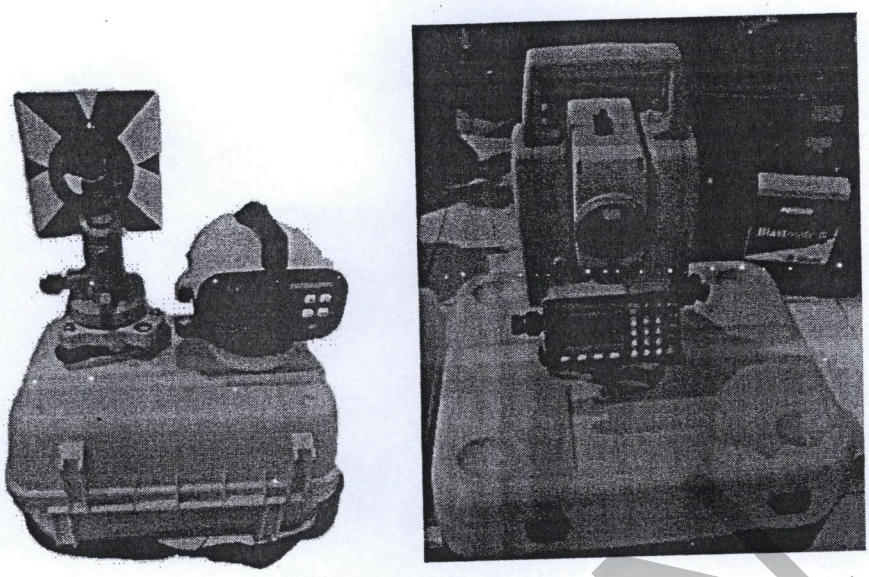
Total Station merupakan teknologi alat yang menggabungkan secara elektornik antara teknologi theodolite dengan teknologi EDM (electronic distance measurement). EDM merupakan alat ukur jarak elektronik yang menggunakan gelombang elektromagnetik sinar infra merah sebagai gelombang pembawa sinyal pengukuran dan dibantu dengan sebuah reflektor berupa prisma sebagai target (alat pemantul sinar infra merah agar kembali ke EDM).

Pada saat pengujian, total station ditempatkan pada lokasi yang tidak terganggu oleh pergerakan jembatan dan dapat menangkap titik-titik yang dianggap kritis dalam melakukan pengukuran lendutan yang terjadi. Lakukan pengecekan terhadap spesifikasi alat sehingga dapat dipenuhi batas pembacaan alat yang dapat dilakukan serta diprediksi kebutuhan jumlah alat yang digunakan.

Pembacaan dilakukan Double Seri dengan ketelitian 1" dan kesalahan penutup yang diijinkan sebesar 10"√n (dimana n = jumlah titik) serta kesalahan linier jarak yang diijinkan sebesar 1:10.000.

SALINAN

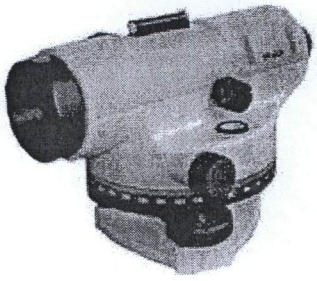
Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 5 Total Station

6) Waterpass

Waterpass adalah alat mengukur beda ketinggian dari satu titik acuan ke acuan berikutnya. Waterpass ini dilengkapi dengan kaca dan gelembung kecil di dalamnya. Untuk mengecek apakah waterpass telah terpasang dengan benar, perhatikan gelembung di dalam kaca berbentuk bulat. Apabila gelembung tepat berada di tengah, berarti waterpass telah terpasang dengan benar. Pada waterpass, terdapat lensa untuk melihat sasaran bidik. Dalam lensa, terdapat tanda panah menyerupai ordinat (koordinat kartesius). Angka pada sasaran bidik akan terbaca dengan melakukan pengaturan fokus lensa. Selisih ketinggian diperoleh dengan cara mengurangi nilai pengukuran sasaran bidik kiri dengan kanan. Waterpass memiliki nivo sebagai penyama ketinggian, lensa objektif, lensa okuler, dan penangkap cahaya.



Gambar 6 Waterpass

Lakukan pengecekan terhadap spesifikasi alat sehingga dapat dipenuhi batas pembacaan alat yang dapat dilakukan serta diprediksi kebutuhan jumlah alat yang digunakan. Cara Pengukuran Waterpass Primer dan Sekunder:

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Pengukuran waterpass meliputi pengukuran waterpass primer dan waterpass sekunder.

a. Pengukuran Waterpass Primer

Titik referensi tinggi ditentukan terhadap titik tinggi nasional (TTG) atau titik-titik lain yang ketinggiannya dalam sistem nasional/MSL. Jalur Pengukuran Waterpass Primer akan mengikuti jalur Pengukuran Poligon Primer kecuali bila ditemui daerah yang terjal atau gunung sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengukuran waterpass, maka akan menggunakan cara trigonometris.

Adapun spesifikasi teknis pengukurannya adalah:

- ✓ Alat sipat datar yang digunakan adalah Automatic Level Arde 2 seperti Wild NAK-2, Zeiss – Ni.
- ✓ Jalur pengukuran mengikuti jalur poligon primer
- ✓ Pembacaan dilakukan terhadap 3 (tiga) benang (atas, tengah, bawah).
- ✓ Minimal 2 kali dalam setiap minggu alat harus dicek kesalahan garis bidik (kolimasi).
- ✓ Jumlah slog tiap seksi harus genap
- ✓ Pada waktu pembidikan diusahakan agar jarak belakang (DB) sama dengan jarak muka (DM) apabila Sdb ¹ S dm hasil hitungan beda tinggi perlu dikorelasi terhadap faktor koreksi garis bidik.
- ✓ Jarak pembacaan dari alat waterpass ke rambu maksimum 50 m
- ✓ Pengukuran per seksi dilakukan pergi dan pulang
- ✓ Rambu harus diberi alas atau straatpot, kecuali pada patok kayu atau BM
- ✓ Dalam pengukuran waterpass, rambu-rambu harus digunakan secara selang-seling sehingga rambu yang diamati pada titik awal akan menjadi rambu titik akhir pada setiap seksi
- ✓ Tinggi patok kayu dan BM dari permukaan tanah harus diukur
- ✓ Kesalahan penutup maksimum 8ÖD mm dimana D adalah jarak dalam km.

b. Pengukuran Waterpass Sekunder

Jalur Pengukuran Waterpass Sekunder akan meliputi jalur Pengukuran Poligon Sekunder. Adapun spesifikasi teknis pengukurannya sebagai berikut:

- ✓ Jalur pengukuran mengikuti jalur poligon cabang (sekunder) dan menggunakan alat ukur Automatic Order (WILD NAK-1 , Sokkisa C-3A).
- ✓ Pengukuran per seksi dilakukan untuk arah pergi saja dan dilakukan dengan double stand dengan pembacaan rambu lengkap (BT, BA, BB).
- ✓ Toleransi salah penutup beda tinggi (T)

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

$$T = (15 \div D)\ mm$$

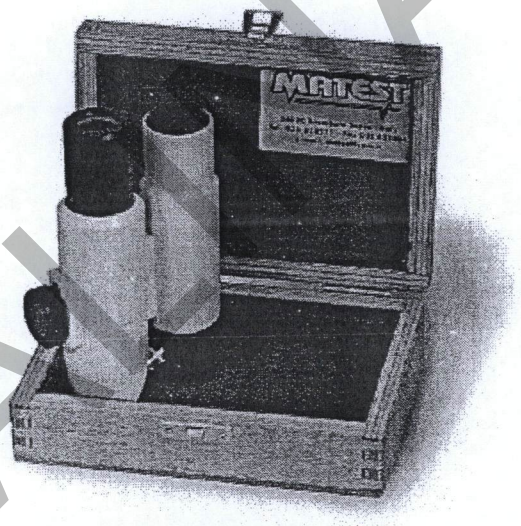
D = Jarak antara 2 titik kerangka dasar vertikal dalam satuan kilometer

Ketentuan lain sama seperti pada Waterpass Primer.

7) Crack Detection Microscoupe

Crack Detection Microscoupe merupakan Microskop Khusus Mengukur Retak (Keretakan) Pada Beton Struktur. Mikroskop ini digunakan untuk mengukur lebar retak pada beton struktur, dilengkapi dengn adjustable lampu senter untuk penerangan.

Lebar retak yang terjadi biasanya diukur dengan mikroskop tangan yang dilengkapi dengan lampu dan mempunyai lensa yang diberi garis-garis berskala yang ketebalannya berbeda-beda. Cara pengukuran adalah dengan membandingkan lebar retak yang terjadi, lewat peneropongan dengan mikroskop dengan lebar garis-garis berskala.



Gambar 7 Crack Detection Microscoupe

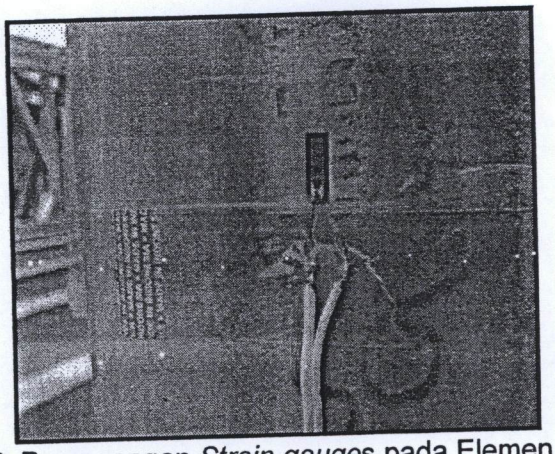
7.1.4.2 Alat Uji Statik

Beberapa keterangan mengenai alat uji statik yang dibutuhkan serta fungsi/kegunaannya adalah sebagai berikut:

1) *Strain Gauge*

Strain gauges merupakan perangkat elektronik yang berfungsi sebagai sensor pengukur regangan dari elemen struktur. Pada uji pembebanan statik jembatan struktur baja, maka digunakan *strain gauges* baja sedangkan untuk uji pembebanan statik di jembatan dengan struktur beton, digunakan *strain gauges* beton.

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 8 Pemasangan *Strain gauges* pada Elemen Struktural

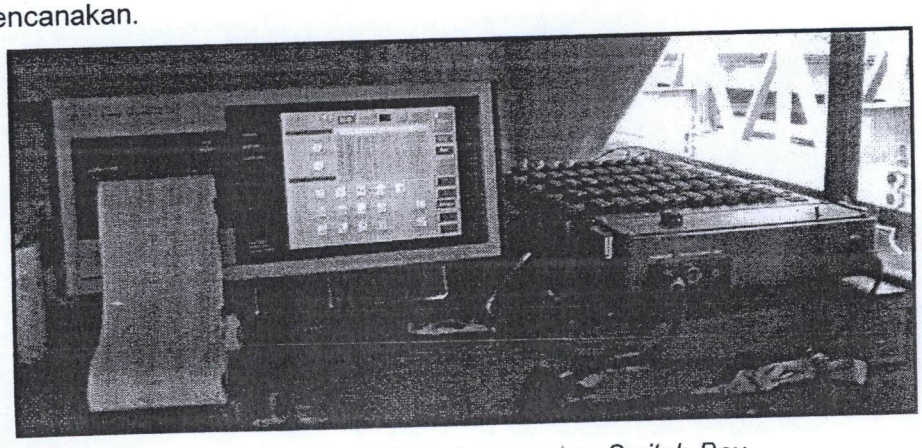
Penempatan *strain gauges* pada elemen struktural jembatan dilakukan dengan memperhatikan beberapa kriteria sebagai berikut:

a. Elemen kritis jembatan hasil evaluasi/analisis struktur jembatan yang mengacu pada peraturan pembebanan RSNI T – 02 – 2005
b. Kerusakan (jika terjadi) pada elemen struktural jembatan sesuai dengan laporan survei yang pernah dilakukan sebelumnya.

Strain gauges ditempatkan pada elemen/batang struktural yang mengalami gaya dalam maksimum (tarik dan tekan) di daerah kritis. Posisi dimana elemen struktur mengalami gaya/tegangan terbesar dipengaruhi bentuk struktur. Untuk menentukan posisi yang tepat dilakukan permodelan dengan program analisis struktur. Pemasangan *strain gauges* juga harus memperhatikan arah regangan yang didesain akan terjadi.

2) *Data Logger Static* dan *Switch Box*

Data logger dan *switch box* merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mencatat riwayat waktu regangan dari *strain gauges* yang terpasang. Regangan pada elemen – elemen struktural akan diperoleh dan tercatat pada kertas printer. Dari *data logger* ini akan diperoleh respon statik jembatan terhadap beban uji yang direncanakan.



Gambar 9 *Data Logger* dan *Switch Box*

SALINAN

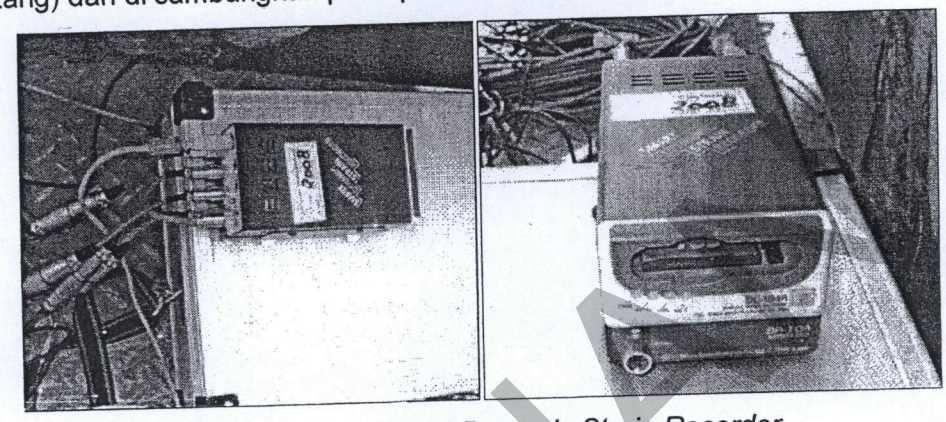
Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

7.1.4.3 Alat Uji Beban Dinamik

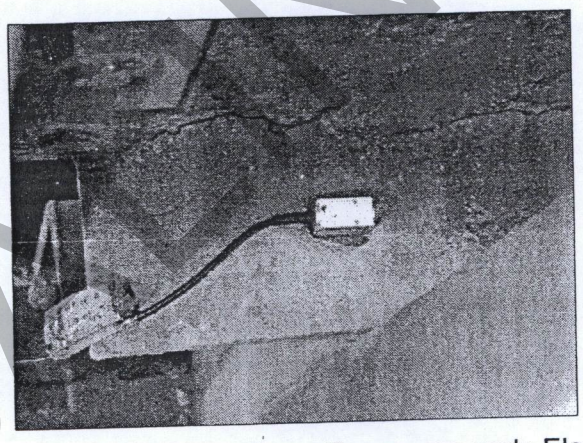
Beberapa keterangan mengenai alat uji beban dinamik yang dibutuhkan serta fungsi/kegunaannya adalah sebagai berikut:

1) *Smart Dynamic Strain Recorder* + *Acceleration Transducer*

   Acceleration transducer dipasang pada beberapa titik pengamatan (1/2 dan ¼ bentang) dan di sambungkan pada pencatat getaran dinamik.

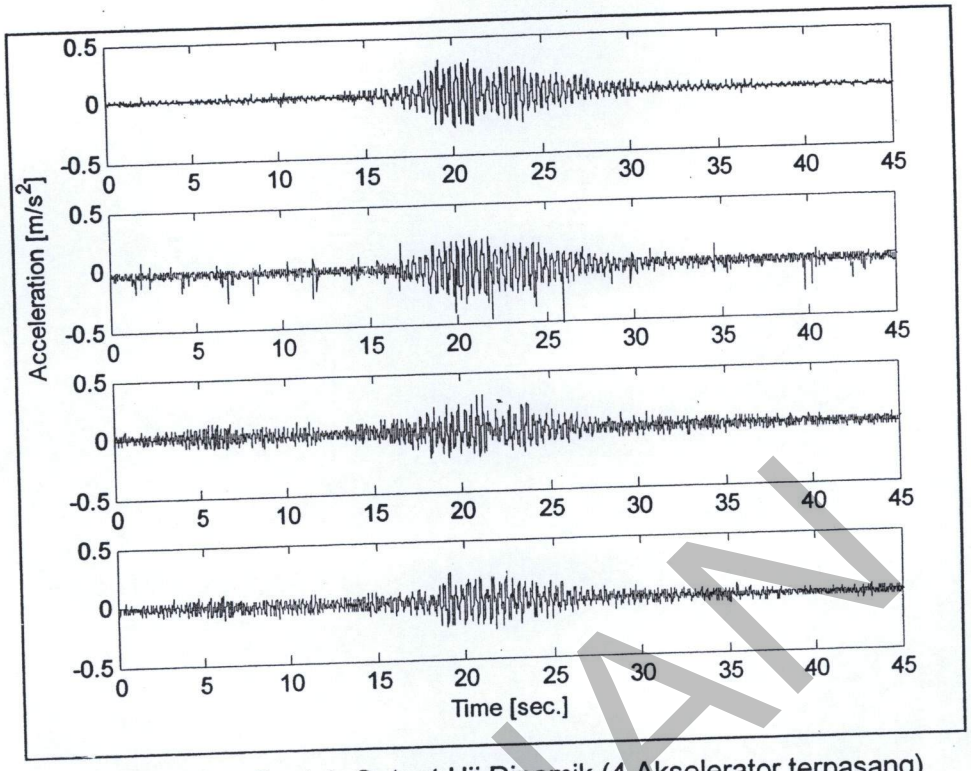


Gambar 10 *Smart Dynamic Strain Recorder*

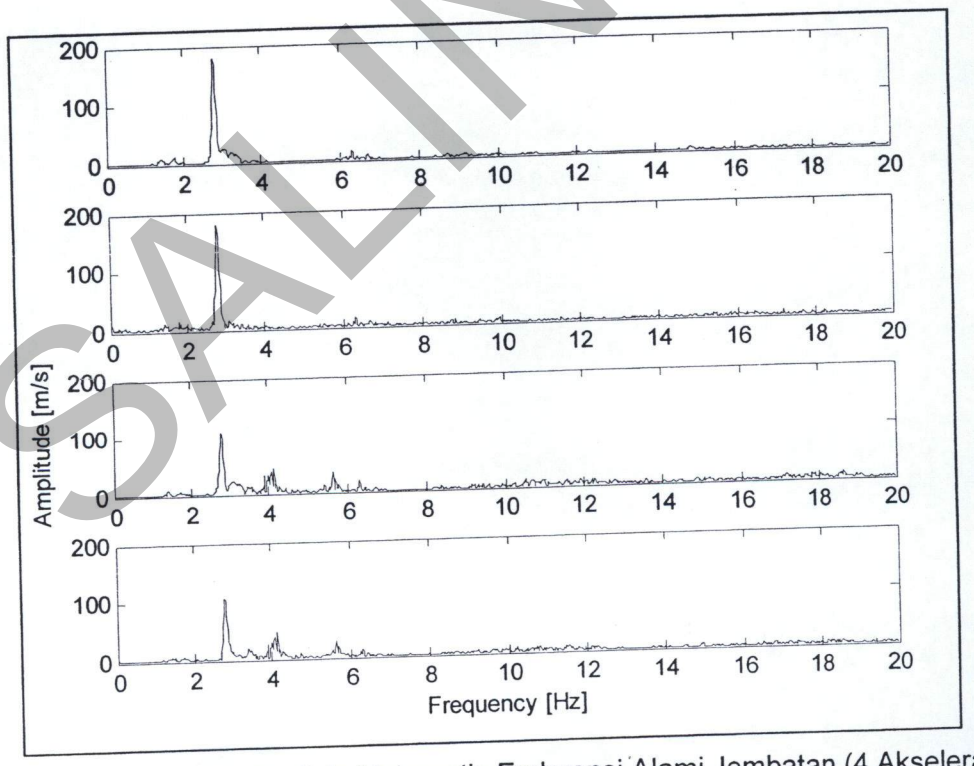


Gambar 11 Acceleration Transducer Terpasang pada Elemen Jembatan

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 12 Contoh Output Uji Dinamik (4 Akselerator terpasang)



Gambar 13 Contoh Analisis Matematis Frekuensi Alami Jembatan (4 Akselerator terpasang)

2) *Blastmate III*

Blastmate merupakan instrumen pencatat getaran/karakteristik dinamik dari suatu struktur (misal jembatan) yang terdiri dari seperangkat pencatat dinamik dan sebuah

SALINAN

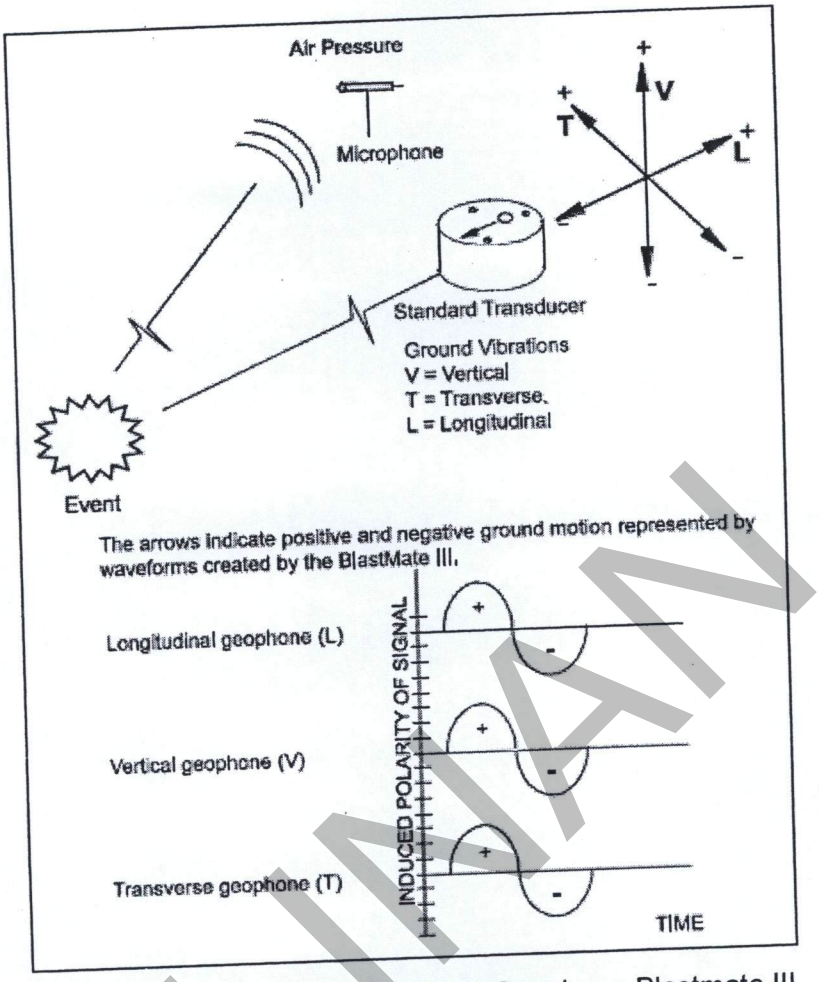
Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

sensor berupa geophone. Model standar perangkat *Blastmate* dapat dilihat pada **Gambar 13**. Perangkat *Blastmate* yang relatif praktis dapat dioperasikan dengan cepat dan tanpa personil yang banyak. Hasil record data harus dipindahkan ke PC atau komputer dan dianalisis dengan *software* terkait (*Blastware*) untuk memperoleh karakteristik struktur. Sensor geophone mampu mendeteksi pergerakan longitudinal, transversal, dan vertikal, seperti dilihat pada **Gambar 14**. Hasil/output dari analisis getaran Blastmate dapat dilihat pada **Gambar 15**.

Gambar 14 Model Standar Perangkat *Blastmate*

SAMPLE

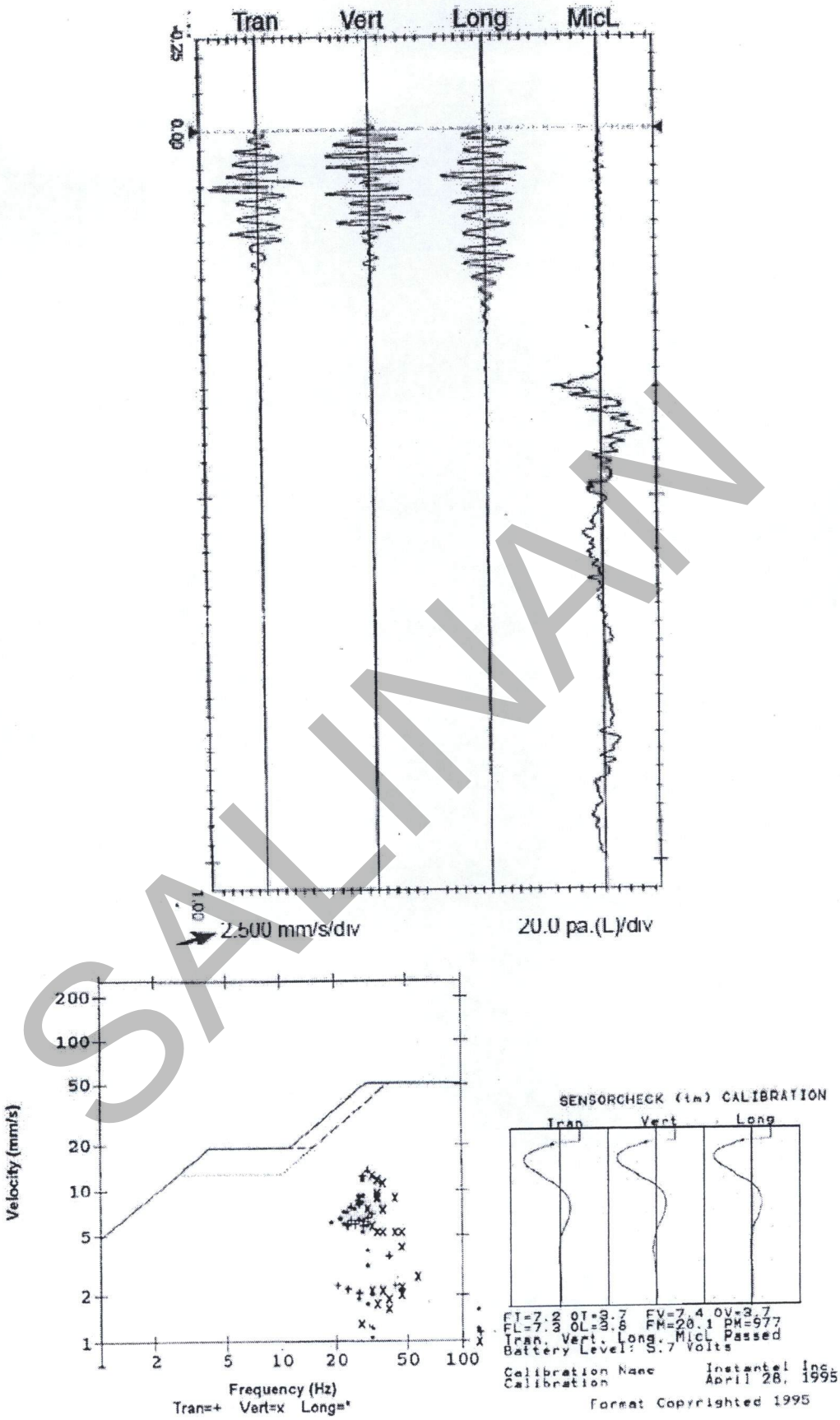
Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 15 Prinsip Kerja Sensor Geophone Blastmate III

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 16 Contoh Output *Blastmate* III

SALINAN

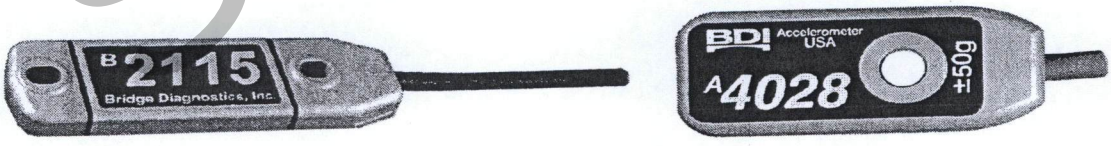
Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

3) *Wireless Structural Testing System*

Instrumentasi ini dikembangkan oleh Bridge Diagnostic Inc. Secara umum, instrumen ini terdiri dari sebuah WiFi *Base Station*, *node* dan sensor, dan PC untuk mencatat hasil record getaran. Sensor (accelerator dan strain transducer) mengirimkan sinyal ke masing – masing *node* dengan kabel, kemudian men-transmit data melalui sinyal WiFi ke *Base Station*. Base Station ini kemudian berkomunikasi dengan PC (dengan IP Address) tertentu dan dicatat datanya.

Gambar 17 STS – WiFi Node

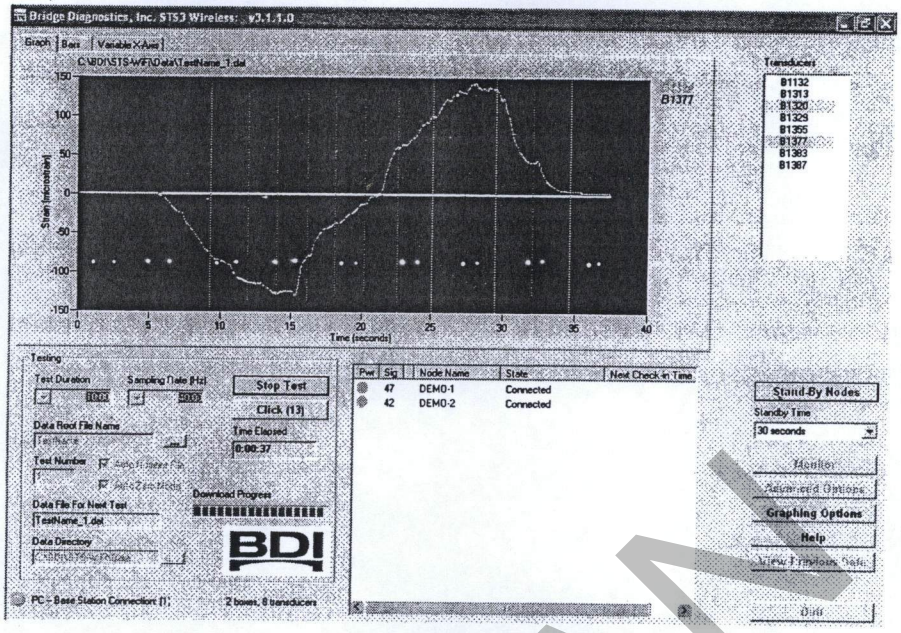
Gambar 18 STS – WiFi *Mobile Base Station*



Gambar 19 BDI *Strain & Acceleration Transducer*

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 20 Contoh Display *Software* PC saat Pengukuran

7.2 Dokumen Pengujian

1. Kertas kerja

   Untuk mendukung pelaksanaan pengujian, diperlukan beberapa kertas kerja yang berisi catatan mengenai:

   a. Dokumen perencanaan

      Dokumen perencanaan terdiri dari: as built drawing, spesifikasi teknis, dan analisa struktur.

   b. Data Kriteria Teknis

      Kriteria teknis Jembatan Siak 3 dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4 Kriteria Teknis Jembatan

Keterangan	Satuan	Kriteria Teknis / Indeks
Jumlah Lajur		
Beban Lalu Lintas		
Desain kecepatan lalu lintas	km/h	
Referensi periode desain	year	
Jumlah lebar dek	m	
Lebar Jalur mobil	m	
Lebar jalur motor	m	
Kemiringan longitudinal dek	%	
Kemiringan melintang dek	%	
Radius kurva vertikal	m	
Kecepatan air desain	m/s	
Kecepatan angin desain	m/s	
Tahan Gempa		
Level air desain	m	

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

c. Data Material

Komponen data material utama yang digunakan pada pembangunan jembatan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5 Material Utama yang Digunakan pada Jembatan

Position	Item	Grade	Elastic modulu (MPa)	Poisson's ratio	Linear expansion coefficient
Girder	Steel				
	Concrete				
Stay cable	Steel wire tendon				
Pylon	Concrete				
	Reinforcement				
Pile cap	Concrete				
	Reinforcement				
Pile foundation	Concrete				
	Reinforcement				

d. Standar dan persyaratan yang berlaku pada saat perencanaan dan yang baru saat dilaksanakan pengujian.

Standar yang digunakan setidak-tidaknya:

1) SNI T-02-2005: Pembebanan untuk jembatan
2) RSNI T-03-2005: Perencanaan stuktur baja untuk jembatan
3) RSNI T-12-2004: Perencanaan struktur beton untuk jembatan

2. Form Pengujian

Sebagai acuan dalam pelaksanaan pengujian di lapangan, maka diperlukan beberapa form isian yang dapat digunakan sebagai sarana untuk mencatat hasil pengujian serta memberikan gambaran mengenai langkah-langkah pengujian beserta hasilnya. Form pengujian yang digunakan dapat diambil dari BMS. Form yang digunakan diantaranya terdiri dari:

a. Form Pemeriksaan Detail (Visual)

Form Pemeriksaan Detail (Visual) berisi mengenai:

1) Identitas jembatan, meliputi: nomor, nama, dan lokasi jembatan
2) Waktu pemeriksaan dan identitas pemeriksa
3) Komponen elemen yang perlu dilakukan pemeriksaan
4) Jenis tindakan yang perlu dilakukan
5) Foto dokumentasi jembatan
6) Daftar kerusakan elemen
7) Evaluasi elemen
8) Catatan dan gambar

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

b. Form Pengujian Beban Statik

Form Pengujian Beban Statik berisi mengenai:

1) Identitas jembatan, meliputi: nomor, nama, dan lokasi jembatan
2) Waktu pemeriksaan dan identitas pemeriksa
3) Informasi jumlah dan posisi beban yang digunakan (berupa tabel dan gambar)
4) Informasi jumlah dan posisi sensor yang digunakan (berupa tabel dan gambar)
5) Catatan hasil pengamatan lendutan

c. Form Pengujian Beban Dinamis

Form Pengujian Beban Dinamis berisi mengenai:

1) Identitas jembatan, meliputi: nomor, nama, dan lokasi jembatan
2) Waktu pemeriksaan dan identitas pemeriksa
3) Sketsa Penempatan alat pencatat getaran
4) Catatan hal-hal yang menjadi perhatian saat pelaksanaan pengujian

Contoh bentuk form pengujian yang ndapat digunakan dapat dilihat pada Lampiran-1.

3. Proposal Pengujian

Proposal pengujian berisi uraian mengenai:

a. Maksud dan tujuan pengujian
b. Metode yang akan dilaksanakan
c. Langkah-langkah pelaksanaan pengujian
d. Kebutuhan SDM dan peralatan
e. Analisa hasil pemodelan
f. Hasil yang diharapkan

8 Waktu Pengujian

Pengujian dilaksanakan idealnya pada saat jembatan belum dioperasikan atau baru diserahterimakan. Hal ini diperlukan untuk selain untuk mendapatkan tujuan dari pelaksanaan pengujian, juga untuk menghindari adanya masalah keterbatasan waktu pengujian jika jembatan telah beroperasi, karena dibutuhkan adanya penutupan jembatan.

9 Lokasi Pengujian

Pengujian dilaksanakan pada lokasi yang ingin diketahui kondisinya atau lokasi yang diperkirakan merupakan lokasi yang kritis dari jembatan.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

10 Jadwal Pengujian

Jadwal pengujian dibuat berdasarkan rencana kerja yang akan dilaksanakan, dimulai dari kegiatan persiapan di lapangan, seperti koordinasi awal, pemasangan alat, pelaksanaan pengujian hingga penyimpanan alat/pelepasan alat dari lapangan.

Pada jadwal pengujian dicantumkan beberapa informasi sebagai berikut:

1. Hari dan tanggal pelaksanaan;
2. Waktu pelaksanaan;
   Waktu pelaksanaan mencantumkan jam mulai dan prediksi jam berakhirnya pelaksanaan kegiatan.
3. Peralatan;
   Dalam setiap item kegiatan yang telah diuraikan waktu dan hari pelaksanaannya, perlu diperinci pula jenis peralatan yang akan diperlukan dalam pelaksanaannya.
4. Penanggung jawab;
   Selain peralatan, nama personil penanggung jawab kegiatan pun harus tercantum dalam jadwal pelaksanaan pekerjaan. Hal ini diperlukan untuk memudahkan dalam koordinasi.

Bentuk jadwal pengujian yang disusun dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Tabel 6 Jadwal Pengujian Jembatan

No	Hari/Waktu Pelaksanaan	Item Kegiatan	Uraian	Penanggung Jawab	Ket
1		Koordinasi Awal		Ahli Jembatan	
		Penentuan Jadwal Kegiatan		Ahli Jembatan	
		Penentuan Metodologi yang akan digunakan		Ahli Jembatan	
		Persiapan Teknis			
		Pengamatan Lapangan-1	Pelaksanaan Pengamatan Visual	Ahli Jembatan	
		Pembuatan Proposal Pengujian			
		Persiapan Administrasi			
		Mobilisasi Personil & Peralatan		Ahli Jembatan	
		Persiapan Pengamatan Lapangan-2	1. Penyiapan & pemasangan alat 2. Pemeriksaan sesnsor		
		Koordinasi start awal konvoi truk	Truk dikawal polisi untuk menuju lokasi		
		Koordinasi dan penempatan truk di Lokasi	Truk dikumpulkan di Pangkal jembatan sisi		
		Pendahuluan (breafing pagi)	Pengarahan dari Tim Ahli Instrumentasi terhadap operator Alat & Pemasangan Alat		
		Penempatan Personil	1. Penempatan personil sesuai posisi dan penugasan alat 2. Setiap penanggung jawab alat, melakukan cek terhadap kesiapan alatnya (melakukan kalibrasi, dll jika diperlukan)		
		Pengujian Statis			
		Pengujian Dinamis			
		Penembakan/pengukuran oleh Total Station			
		Pembersihan alat/penyopotan alat			
		Pemeriksaan visual pasca pengujian			

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / Uncontrolled when downloaded

11 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian dilakukan secara bertahap sesuai dengan perencanaan, dimana pemberian beban dilakukan dari pembebanan terkecil hingga maksimal agar dapat dilihat penambahan pengaruh beban serta perilaku jembatan tersebut. Tahapan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut pada sub bab di bawah ini.

11.1 Persiapan

11.1.1 Persiapan Teknis

Beberapa hal yang perlu dilaksanakan dalam persiapan teknis ini diantaranya:

1. Kumpulkan gambar dan dokumen perencanaan;
2. Lakukan komunikasi (diskusi) dengan perencana jembatan yang akan diuji serta pelaksana konstruksi untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi desain, dan konstruksi jembatan sehingga dapat lebih mudah dalam memprediksi perilaku jembatan.
3. Lakukan kajian pada gambar dan dokumen perencanaan terkait dengan analisa struktur dan pemodelan jembatan

Sebelum melaksanakan pengujian di lapangan, perlu dilakukan pengkajian mengenai data perencanaan jembatan, meliputi gambar dan data perencanaan/desain (*detail drawing*) dan juga data dan gambar jembatan setelah pembangunan (*as built drawing*). Dari pengkajian dua macam dokumen ini, bisa didapatkan gambaran mengenai kondisi jembatan saat rencana dan pembangunan, sehingga dapat diprediksi kondisi jembatan saat ini berdasarkan hasil desk studi, apakah terdapat perubahan dari rencana/desain dengan pembangunan di lapangan.

11.1.2 Persiapan Administratif

Persiapan administratif mencakup penyelesaian surat-menyurat dan perijinan di lokasi pengujian. Proses perijinan ini melibatkan Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Perhubungan, dan Kepolisian setempat. Jenis surat yang perlu dipersiapkan diantaranya:

1. Surat Permohonan Ijin Pelaksanaan Pengujian

   Surat Permohonan Ijin Pelaksanaan Pengujian ini diberikan lampiran berupa proposal teknis rencana pengujian seperti yang telah dijabarkan pada Pasal 6.2 butir 3. Surat Permohonan Ijin Pelaksanaan Pengujian ini ditujukan pada:

   a. Jalan Nasional, ditujukan pada Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional,
   b. Jalan Provinsi, ditujukan pada Dinas PU/Kimpraswil Provinsi
   c. Jalan Kabupaten/Kota, ditujukan pada Dinas PU/Kimpraswil Kabupaten/Kota

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

2. Surat Permohonan Kerjasama Pelaksanaan Pengujian
   a. Jalan Nasional, ditujukan pada Kepolisian
   b. Jalan Provinsi, ditujukan pada Dinas Perhubungan Provinsi dan Kepolisian Daerah
   c. Jalan Kabupaten/Kota, ditujukan pada Dinas Perhubungan Kabupaten/Kota dan Kepolisian Resort.

Setelah proses perijinan ini mendapatkan persetujuan, maka pengujian pembebanan pada jembatan dapat dilaksanakan.

11.2 Pengujian Lapangan

11.2.1 Pemeriksaan Visual

Tujuan:

a. Untuk mendefinisikan permasalahan yang ada di lapangan.
b. Untuk mendapatkan informasi mengenai tingkat layanan (*serviceability*) dari komponen struktur (seperti lendutan), baik tidaknya pengerjaan pada saat pembangunan struktur/ komponen struktur (misalnya ada bagian keropos dan "honeycombing" pada beton) material (misal pelapukan beton) maupun tingkat struktural (seperti retak-retak akibat lenturan pada struktur beton).
c. Untuk memeriksa apakah gambar pelaksanaan sama dengan kondisi eksisting.

Pada pemeriksaan visual ini diperlukan tenaga ahli yang terlatih yang dapat mendeteksi hal-hal yang tidak normal yang terjadi pada struktur dan dapat membedakan jenis-jenis kerusakan yang terjadi dan penyebabnya. Sebagai contoh tenaga ahli tersebut harus mampu membedakan jenis-jenis retak yang mungkin terjadi pada struktur beton.

Tahapan yang dilaksanakan pada pemeriksaan visual:

1) Lakukan pemeriksaan kondisi umum jembatan
   Dilakukan pemeriksaan detail yang pada pelaksanaannya mencatat kerusakan atau kelainan penting yang terdapat pada elemen-elemen struktur jembatan secara detail.

2) Lakukan pemeriksaan retak dengan alat Pundit atau UPV dan alat pengukur retak.
   Pemeriksaan retakan diperlukan untuk mendapatkan data yang akurat dan lengkap mengenai kondisi retak yang ada sehingga dapat diambil kesimpulan seberapa jauh retakan yang ada mempengaruhi struktur serta untuk mengetahui atau mengindikasikan penyebab terjadinya keretakan.

   Alat yang digunakan untuk memeriksa kedalaman keretakan ini adalah Pundit yaitu alat pengujian Ultrasonic Pulse Velocity-UPV dan untuk lebar retak digunakan

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

crackmeter yaitu berupa kaca pembesar untuk mengukur lebar retak yang terjadi. Untuk dapat membedakan jenis-jenis retak tersebut beserta penyebabnya, perlu dilakukan penyelidikan yang mendalam mengenai pola retak yang terjadi. Dari penyelidikan tersebut bisa didapat dugaan-dugaan awal mengenai penyebab retak.

Dari pengujian dengan alat Pundit dan pengukur retak ini akan didapatkan data-data kedalaman, lebar dan panjang retak serta ada tidaknya rongga atau keropos pada betonnya. Bagian-bagian jembatan yang diperiksa kondisinya (kemungkinan retaknya) adalah bagian-bagian yang bersifat struktural dan terbuat dari beton yaitu kepala jembatan, pilar, gelagar dan pelat lantai jembatan.

3) Lakukan pengujian tekan yang lebih akurat mengenai kuat tekan beton.

Dari hasil pemeriksaan visual ini, dapat dituangkan dalam proposal pengujian pembebanan yang didalamnya berisi penentuan jumlah beban dan pemodelan pengujian dengan sudah mempertimbangkan jika terdapat kerusakan yang telah terjadi pada jembatan.

11.2.2 Pengujian Beban Statis

Tujuan:

a. Untuk mengetahui perilaku dari struktur jembatan dalam menerima beban kendaraan berat (truk) statis di atasnya.
b. Untuk mengetahui perilaku lendutan gelagar serta perilaku pendistribusian beban kendaraan pada gelagar.
c. Untuk memperoleh data utama yang akan digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi secara detail dan mendalam tentang kondisi struktur jembatan yang ada.
d. Untuk membandingkan perilaku nyata jembatan dengan model teoritisnya yang diasumsikan pada proses perancangan atau pada analisa teoritis yang diakukan sebelum pengujian lapangan.
e. Untuk menguji ketepatan pelaksanaan jembatan.

Kriteria beban yang dikerjakan pada struktur:

1. Total beban statis yang diberikan harus dihitung sedemikian rupa sehingga tidak mengakibatkan kerusakan pada elemen struktur jembatan. Salah satu batasan/ kriteria yang mudah dilihat adalah apakah respon jembatan terhadap jembatan yang diberikan masih linier atau tidak. Pembebanan harus dihentikan seandainya perilaku strukturnya sudah tidak linier.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Dalam beberapa pengujian besarnya beban yang diambil tidak melebihi 50% beban UDL.

2. Total beban harus didistribusikan ke dalam sejumlah titik pembebanan sehingga dapat mewakili beban lalu lintas yang sebenarnya.
3. Beban diberikan secara bertahap, mulai dari posisi beban yang memberikan efek minimal. Sambil beban diberikan, pemantauan terhadap lendutan yang terjadi harus dilakukan. Seandainya lendutan yang didapat memperlihatkan perilaku struktur sudah tidak linier, maka pembebanan harus dihentkan.
4. Beban yang diberikan simetris.
5. Dari tahap beban ke beban berikutnya harus diberi jarak waktu yang cukup untuk struktur merespon beban yang diberikan. Hal ini dapat dilihat apakah jembatan masih mengambil penammbahan defleksi atau tidak.

Tahapan pengujian:

1) Persiapan:
   a. Persiapan Perencanaan (di kantor)
      ✓ Perhitungan jumlah beban dan konfigurasi truk yang digunakan:
      Jumlah beban yang akan diterapkan tergantung pada rencana beban yang akan diterapkan, dengan tetap memegang prinsip bahwa pengujian yang dilakukan adalah pengujian yang tidak merusak (*non destructive test*), sehingga penentuan jumlah beban yang digunakan sebisa mungkin tidak akan menyebabkan kerusakan pada jembatan yang diuji namun tetap dapat menghasilkan data sesuai dengan yang diperlukan.

      Beban uji yang digunakan adalah truk, adapun perhitungan konfigurasi truk uji adalah sebaga berikut:

      - Bentang utama, L (meter)
      - Lebar lalu lintas, b (meter)
      - $UDL = 0{,}9\ x\ \left(0{,}5 + \frac{15}{L}\right)$ ton/m^2
      - Beban UDL permeter lari (ton/m) =
        $(UDL\ x\ 5{,}5)+\left[50\%\text{UDL x (lebar lalu lintas} - 5{,}5)\right]$
      - lebar lalu lintas di bawah 5,5 maka UDL dikalikan 5,5; jika melebihi, maka sisa lebar lalu lintas dikali 50% UDL.
      - Beban UDL total (ton) = Beban UDL permeter lari (ton/m) x L (m)
      - Beban UDL total dikalikan jumlah beban UDL yang akan dilaksanakan saat pengujian merupakan jumlah beban yang akan diterima oleh jembatan saat pengujian statik dilaksanakan.
      - Mengikuti konsep linearitas dan struktur diasumsikan masih elastic, maka jumlah beban UDL yang akan dilaksanakan diambil sebesar 50% UDL.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

- Beban UDL total dibagi dengan berat satuan truk uji sehingga dihasilkan jumlah truk yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pengujian statik jembatan.

b. Persiapan Pelaksanaan (di lapangan)

- ✓ Setelah persiapan awal dan investigasi lapangan, atur item-item pengujian bila perlu.
- ✓ Tandai posisi pembebanan pada lantai sesuai dengan titik-titik pengujian dan tanda-tanda acuan yang telah ditetapkan sebelumnya
- ✓ Pasang sensor (*Strain Gauge*)

  Strain gauge ditempatkan pada titik yang akan memiliki tegangan terbesar. Lokasi tersebut disesuaikan dengan hasil pemodelan yang telah dilaksanakan oleh ahli jembatan.
- ✓ Setel Alat: Data Logger Static dan switch box jika jumlah sensor melebihi kapasitas data logger.
- ✓ Periksa kondisi sensor dan alat siap digunakan dan tidak ada gangguan
- ✓ Hubungkan instrumen dan perlengkapan, periksa apakah masing-masing sistem bekerja segera setelah elektrifikasi.
- ✓ Tempatkan Total Station di lokasi yang dapat menjangkau seluruh penampang jembatan.
- ✓ Persiapan Truk Uji

  Truk yang akan digunakan sebagai beban pada saat pengujian harus dipersiapkan terlebih dahulu sesuai dengan jumlah beban yang direncanakan dan ketersediaannya di lokasi pengujian.

  Truk yang akan digunakan harus tercatat konfigurasi dan jumlah bebannya, sehingga perlu dilakukan penimbangan terlebih dahulu.

  Timbangan yang digunakan untuk mengetahui beban truk harus dikalibrasi terlebih dahulu agar dapat menunjukan jumlah beban yang akurat.
- ✓ Pemeriksaan dan Kencangkan Baut

  Untuk pengujian jembatan konstruksi baja, pastikan semua baut dalam kondisi terpasang dengan baik dan kencang sesuai dengan momen kekencangannya.
- ✓ Tentukan waktu pembebanan sesuai dengan kondisi lapangan dan cuaca

2) Pelaksanaan Pengujian

Pengujian Beban Loading UnLoading

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

- ✓ Pastikan kembali kondisi semua alat tetap dalam kondisi baik, terutama strain gauge
- ✓ Catat kondisi awal (inisiasi) dengan menekan tombol data logger static sehingga didapat data pembacaan sensor awal.
- ✓ Lakukan pembacaan pada total station untuk semua lokasi pengamatan (ts-0) pada awal truk tiba, dan setelah truk diam.
- ✓ Tempatkan truk pada tengah bentang sesuai dengan perencanaan awal secara bertahap hingga keseluruhan truk berada di jembatan dan semua data terbaca setiap tahapannya.
- ✓ Skema pembebanan:

  Pembebanan dilakukan secara bertahap untuk melihat perilaku jembatan pada saat pengujian maupun paska pengujian. Skema pembebanan statik adalah sebagai berikut:

  Loading:

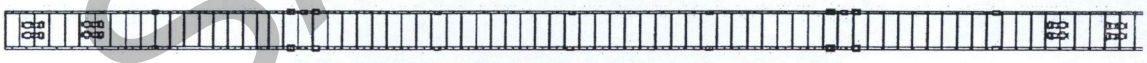
  - Tahap 1, tidak ada truk

Gambar 21 Tahap 1 (tidak ada truk)

- Tahap 2, truk yang digunakan 4 buah ditempatkan di masing-masing pinggir kiri dan kanan bentang jembatan

Gambar 22 Tahap 2 (4 buah dump truck)

- Tahap 3, truk yang digunakan 8 buah, keempat truk pada tahap 2 dimajukan (10+panjang truk) m, kemudian dua buah truk tambahan ditempatkan dengan jarak 10 m dari posisi truk tahap 2.



Gambar 23 Tahap 3 (8 buah dump truck)

- Tahap 4, truk yang digunakan 12 buah, kedelapan truk pada tahap 2 dimajukan (10+panjang truk) m, kemudian dua buah truk tambahan ditempatkan dengan jarak 10 m dari posisi truk tahap 3.

Gambar 24 Tahap 4 (12 buah dump truck)

- Lanjutkan terus setiap tahapan hingga truk mencapai tengah bentang atau hingga batas maksimum beban yang direncanakan

Gambar 25 Truk telah memenuhi setengah bentang

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

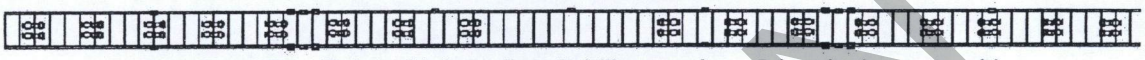
- Setiap tahapan selalu dicatat kondisi lendutan yang terjadi dan dikoordinasikan dengan tenaga ahli struktur untuk mendapatkan instruksi selanjutnya.

UnLoading:

- Tahap UnLoading 1, truk memenuhi setengah bentang jembatan

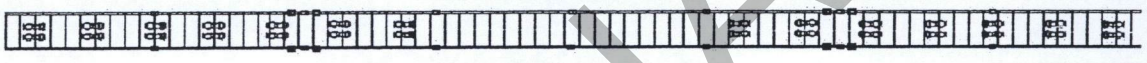
Gambar 26 Tahap UnLoading 1 (truk memenuhi setengah bentang)

- Tahap UnLoading 2, truk yang digunakan dikurangi 2 buah dan semua truk didepannya mundur sepanjang (10+panjang truk) m.



Gambar 27 Tahap UnLoading 2 (dikurangkan 2 buah dump truck)

- Tahap UnLoading 3, truk yang digunakan dikurangi lagi 2 buah dan semua truk didepannya mundur sepanjang (10+panjang truk) m.



Gambar 28 Tahap 3 UnLoading

- Lakukan terus hingga truk di jembatan kembali kosong.

Pembebanan statis jembatan jalan raya pada umumnya diterapkan oleh kendaraan dengan beban dan jarak yang diketahui, menirukan kendaraan standar yang relevan. Dalam beberapa kasus, beban statis dapat diterapkan dengan menggunakan metoda lain, contohnya, dongkrak hidrolik atau blok beton yang dikehui beratnya.

Sepanjang pengujian, perpindahan struktur sebagaimana regangan elemen struktural di dalam lokasi kritisnya diukur dengan menggunakan berbagai teknik dan peralatan pengukuran. Secara umum, perpindahan dapat dipertimbangkan suatu ukuran kekakuan struktural, sedangkan regangan adalah suatu ukuran kerja bahan di dalam struktur itu.

Perpindahan struktur akibat pembebanan statis dapat diukur dalam arah horisontal dan arah vertikal tetapi perpindahan vertikal, dinyatakan pada umumnya sebagai lendutan elemen struktural, diukur dalam setiap kasus, menggunakan dial gauge (strain gauge), LVDT (Transducer dengan perbedaan voltase linier) yang difabrikasi, pengukuran kerataan atau teknik pengukuran lain.

Nilai-nilai yang terukur dari perpindahan, kebanyakannya adalah lendutan, dibandingkan dengan nilai-nilai yang terhitung yang sesuai untuk beban standar, beban perancangan dan dan sesuai dengan kendaraan yang diterapkan pada pengujian. Nilai-nilai yang

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

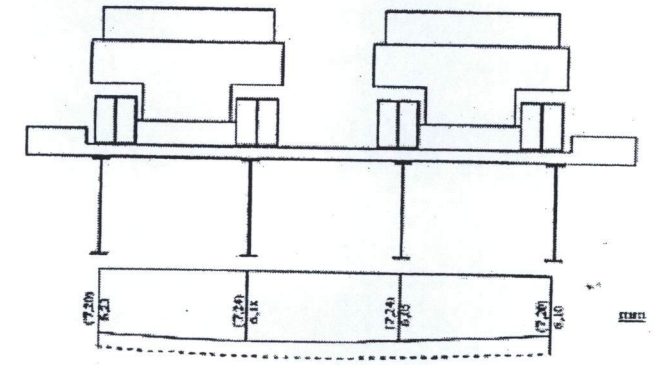
terukur biasanya lebih kecil dibandingkan dengan yang dihitung, sebab model perhitungan (bahkan yang sangat kompleks pun dengan menggunakan komputer) selalu lebih sederhana dibanding struktur yang riil (lihat Gambar 1). Ketika situasi yang berlawanan terjadi, berarti proses kerusakan struktur telah mencapai tahap yang sangat lanjut. Bagaimanapun, ketika interaksi transversal elemen struktural diuji di bawah pembebanan tidak seragam, nilai-nilai yang dihitung dapat kurang dari yang terukur dalam beberapa bagian dari struktur sebagaimana yang ditunjukkan pada **Gambar 29**. Kemudian hal tersebut menunjukkan bahwa interaksi transversal yang nyata menjadi lebih baik dibanding yang dihasilkan model perhitungan.

Salah satu ukuran pokok kualitas struktural adalah perilaku elastis jembatan di bawah siklus pembebanan dan penghilangan beban. Lendutan permanen izin maksimum (yp) setelah penghilangan beban pada umumnya diberikan dalam regulasi atau standar relevan sebagai fraksi dari lendutan maksimum (ymax) di bawah pembebanan, contohnya, $yp < 0.2\ ymax$.

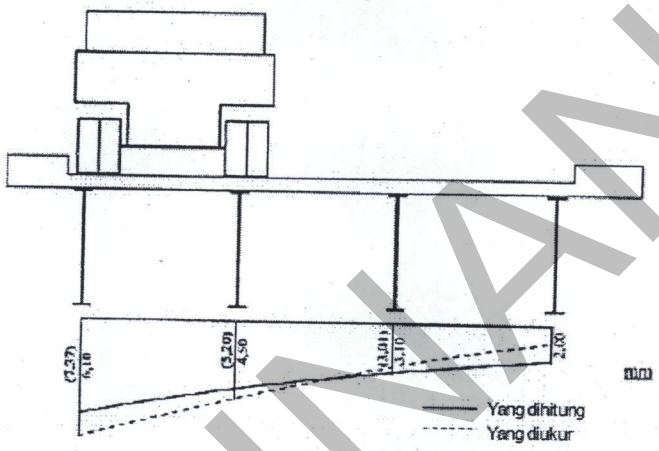
Bandingkan nilai-nilai yp yang diukur sepanjang pengujian, dan yang dilakukan pada suatu interval waktu tertentu (contohnya lima tahun), perilaku elastis struktur dapat diperkirakan. Suatu penurunan sifat elastis menandai adanya beberapa cacat bahan atau kerusakan struktural.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



(a)



(b)

Gambar 29 Perbandingan Suatu Contoh Lendutan yang Terhitung dan yang Terukur (yang terlihat di dalam tanda kurung) dari Gelagar Utama akibat Pembebanan (a) Simetris dan (b) Tidak Simetris

Untuk menentukan tegangan pada lokasi jembatan yang diberikan, tegangan pada umumnya diukur dengan menggunakan berbagai teknik, kebanyakan dengan teknik elektrik dengan penggunaan strain gauge yang menggunakan batasan ketahanan atau kapasitas listrik. Teknik pengukuran sekarang ini sangat maju dan banyak tipe peralatan tersedia.

Oleh karena variasi yang besar dari instrumentasi, mustahil untuk menyajikannya secara detil dalam buku ini. Sekalipun, nampaknya perlu untuk mengindikasikan bahwa secara tidak berurutan teknik pengukuran tertentu diterapkan, semua pengujian jembatan pada umumnya menggunakan peralatan yang berikut ini:

1. Transduser,
2. Pengatur dan pembesar sinyal,
3. Perekaman dan pemroses data.

Teknik komputer untuk merekam dan menangani pengukuran data sekarang ini secara luas digunakan.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

11.2.3 Pengujian Beban Dinamis

Tujuan:

a. Untuk memperoleh data karakteristik dinamis jembatan,
b. Untuk memperoleh suatu perkiraan ketentuan izin beban dinamis (faktor tumbukan) yang dapat digunakan dalam evaluasi jembatan.

Uji dinamis pada jembatan jalan raya dapat dilakukan menggunakan pembebanan berikut:

1. lalu-lintas normal,
2. kendaraan atau mesin uji,
3. peiepasan mendadak lendutan dengan mewujudkan suatu beban yang berkait dengan struktur,
4. pembuatan gelombang eksitasi sinusoidal,
5. alat masukan energi,
6. pengereman kendaraan atau suatu mesin pada jembatan,
7. Impak yang dihasilkan oleh suatu kendaraan yang berjalan melalui palang baku (dalam kasus jalan raya).

Secara umum, pengujian kebanyakan dilakukan dengan lalu lintas normal atau dengan kendaraan uji. Dalam kasus lalu lintas normal, data yang sangat berarti untuk suatu evaluasi yang realistis dari karakteristik dinamis struktur dan penaksiran jangkauan tekanan yang diperlukan untuk perhitungan fatik dapat diperoleh. Pemanfaatan normal jembatan adalah paling mewakili untuk mengamati perilaku dinamisnya.

Data yang diperoleh dari pengujian dilakukan di bawah lalu lintas normal yang tak terkendali untuk suatu waktu yang cukup lama, mengizinkan estimasi suatu ketentuan izin beban dinamis menggunakan analisa statistik.

Bagaimanapun, pelaksanaan dari kendaraan atau mesin uji dengan beban gandar dan jarak di atas jembatan yang diketahui pada berbagai kecepatan sepertinya paling umum yang digunakan pada uji lapangan. Secara normal, satu (atau lebih dalam beberapa kasus khusus) kendaraan yang terdahulu diterapkan untuk uji statis digunakan untuk uji dinamis.

Pemeriksaan getaran jembatan dilakukan untuk mengetahui apakah perilaku getaran jembatan yang ada masih memenuhi kriteria-kriteria getaran jembatan atau tidak. Kriteria-

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

kriteria getaran pada jembatan tersebut yaitu meliputi kriteria kekakuan, kriteria daya layan, kriteria kapasitas beban pikul dan kriteria redaman. Pengujian getaran dilakukan dengan memanfaatkan beban bergerak atau lalu lintas kendaraan yang bermuatan berat lewat. Pengukuran getaran jembatan menggunakan alat vibrocorder yang menghasilkan rekaman getaran pada kertas film dengan sensor berupa tranduser yang ditempatkan pada ½ bentang.

Pengujiian seperti itu memberikan informasi tentang beberapa karakteristik dinamis yang dipilih dari jembatan secara umum. Selama pengujian dinamis, parameter berikut ini menandai perilaku dinamis suatu jembatan pada umumnya diukur:

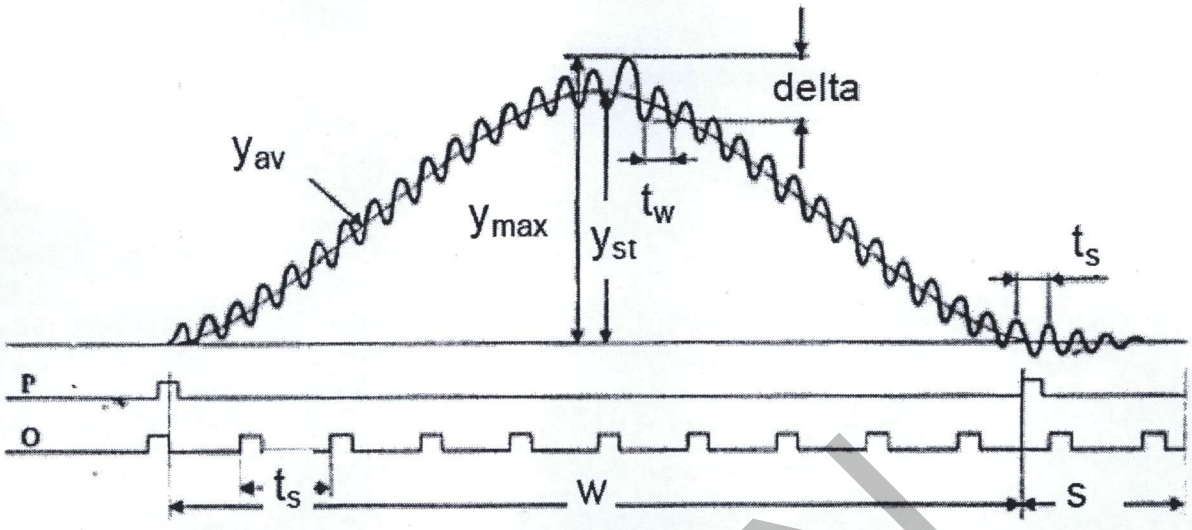
1. frekuensi alami
2. bentuk mode,
3. faktor redaman.

Beberapa teknik pengukuran diterapkan untuk mengukur parameter di atas. Secara umum, peralatan untuk uji dinamis jauh lebih kompleks dan mahal dibanding yang berlaku pada uji statis. Penyajian metoda uji dan peralatan yang relevan di luar runang lingkup buku ini. Bagaimanapun, haruslah ditunjukkan bahwa bagian utama dari sekumpulan pengukuran secara umum sama halnya dengan uji statis tetapi karakteristik tipe dan pengukuran dari peralatan dinamis berbeda. Masalah utama pengukuran terdiri dari sejumlah besar regangan, yang harus dibaca pada kecepatan scan tinggi. Khususnya, suatu pengukuran multisaluran dan peralatan perekam untuk uji dinamis dan suatu sistem akuisisi data yang terkomputerisasi diperlukan.

Hasil uji dinamis disajikan dalam format grafis atau digital. Suatu contoh yang diidealkan dari suatu vibrograf menyangkut perpindahan vertikal dinamis gelagar jembatan utama ditunjukkan **Gambar 30**. Dapat dilihat bahwa vibrograf mengizinkan penentuan tiga karakteristik dinamis jembatan yang disebutkan di atas. Sebagai contoh, faktor redaman [itu] (contohnya, penyusutan logaritmik) dapat ditentukan dari bagian dari vibrograf yang sesuai dengan getaran bebas (bagian ditandai oleh S pada Gambar 2). Pengukuran modern dan teknik pengolahan data memungkinkan kita untuk memperoleh nilai-nilai dari karakteristik dinamis yang secara langsung dalam format numerik.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 30 Suatu Contoh Vibrograf Ideal dari Perpindahan Vertikal Gelagar Jembatan.

O- penanda waktu (1 s = 1 detik), P - didapat ketika poros sumbu kendaraan pertama berada di atas jembatan dan didapat ketika poros sumbu kendaraan yang terakhir keluar dari jembatan, W - jangka waktu getaran paksa, S - jangka waktu getaran bebas, yst - perubahan statis, yav - garis perubahan rata-rata, ymax – perubahan dinamis maksimum, delta_- amplitudo getaran, tw - periode getaran paksa, ts - periode getaran bebas (periode alami)

Tes dinamis dilakukan pada suatu interval waktu tertentu, contohnya dalam waktu lima tahun memperbolehkan kita untuk menguji variasi dalam perilaku dinamis struktur. Sebagai contoh, suatu peningkatan faktor redaman menandai adanya secara umum suatu pengurangan sifat elastis struktur akibat beberapa kerusakaan struktural dan cacat bahan.

Dengan cara yang sama untuk uji statik lapangan, pengujian dinamis pada umumnya dilakukan menurut program tertentu yang dikembangkan sebelum pengujian. Program harus disiapkan oleh Personilfrancang-bangun yang sangat berpengalaman. Dalam beberapa kasus, suatu analisa teoritis dinamis lebih lanjut dibuat untuk memperbandingkan perilaku dinamis yang diprediksi dari struktur tersebut dengan perilaku dinamis aktualnya yang ditentukan dari penguian lapangan. Di dalam analisa yang teoritis, suatu interaksi antara struktur itu sendiri dan kendaraan uji diyatakan dalam wujud lebih atau kurang model kompleks harus dipertimbangkan dengan seksama.

Tes dinamis juga mengizinkan kita untuk menguji kelayakan untuk getaran jembatan. Sangat penting dalam kasus jembatan pejalan kaki yang kurang kaku atau, kasus yang

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

lebih umum, ketika getaran struktur dirasakan oleh para pemakainya sebagai hal yang terlalu sering terjadi.Akhirnya, haruslah ditunjukkan bahwa uji lapangan jembatan mungkin mahal dalam banyak kasus tetapi, secara umum, biaya mereka adalah tidak signifikan dibandingkan dengan pembangunan jembatan baru. Uji lapangan dapat juga menunjukkan bagian-bagian struktur yang diperlukan untuk diperbaiki atau diperkuat. Lebih dari itu, uji lapangan pada umumnya menyediakan informasi jika tidak dapat diperoleh, contohnya, menyangkut pengurangan [ketidakpastian statistik, beban ultimit, lendutan, getaran layan, data untuk analisa fatik.

Secara sederhana, metode pengujian beban dinamis menggunakan alat sensor pencatat getaran adalah sebagai berikut:

1. Siapkan alat sensor untuk mendapatkan getaran arah horisontal (dalam hal ini digunakan alat STS-WiFi)
2. Tempatkan sensor pada puncak pilar/pangkal jembatan
3. Tempatkan alat pencatat getaran di lokasi yang aman dan bebas dari bangguan
4. Kalibrasikan alat pencatat getaran untuk mendapatkan rekaman yang baik
5. Lewatkan kendaraan (truk uji) pada sebuah balok kayu ukuran tertentu (sesuai perencanaan)
6. Lakukan pencatatan getaran.

11.2.4 Pengendalian dan Keamanan Pengujian

Selama seluruh proses pelaksanaan pengujian, personil pengujian harus menguasai situasi lapangan untuk mengendalikan pembebanan. Hal tersebut akan memberikan dampak pengujian yang baik, di samping jaminan keamanan bagi personil, peralatan dan perlengkapan, serta jembatan. Terdapat beberapa komponen yang perlu diperhatikan, sebagai berikut:

1. Pengendalian pembebanan

   Luas pembebanan dan gaya internal per-bagian harus ditingkatkan secara gradual dari level yang lebih rendah ke level yang lebih tinggi langkah demi langkah dalam memenuhi prosedur pembebanan yang telah dispesifikasikan. Harus selalu siap untuk menghentikan pembebanan atau *unloading* pada setiap saat.

2. Pengukuran titik pengujian

   Titik-titik pengukuran harus diukur dan dikalkulasi selama seluruh proses uji pembebanan. Seluruh data harus dikumpulkan dan dianalisis untuk menentukan status pengujian setiap saat. Jika nilai pengukuran aktual jauh di bawah nilai kalkulasi, maka pembebanan harus dihentikan sementara untuk mengetahui alasan, kemudian untuk menentukan kalau pengujian akan berlanjut.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

3. Observasi pada proses pembebanan

   Personil harus ditugaskan untuk mengobservasi titik-titik lemah struktur guna memeriksa apakah terdapat retakan, kerusakan, bunyi yang abnormal, getaran yang abnormal, dsb., pada uji pembebanan. Jika terjadi ketidaknormalan, maka hal tersebut harus dilaporkan segera untuk mengambil ukuran-ukuran dan tindakan yang relevan.

4. Kriteria untuk menghentikan pembebanan

   Pembebanan harus dihentikan jika terjadi hal-hal sebagai berikut:

   a. Tegangan pada titik pengukuran mencapai atau melebihi nilai kendali yang telah diperhitungkan dengan teori elastik menurut standar desain.
   b. Perpindahan/defleksi titik pengukuran melebihi nilai yang diperkenankan.
   c. Distribusi defleksi yang diukur secara aktual pada gelagar sepanjang jembatan sangat berbeda dari yang telah diperhitungkan, atau deformasi yang diukur secara aktual jauh di atas nilai yang telah diperhitungkan
   d. Keruskan-kerusakan lain yang akan berpengaruh pada kapasitas dukung atau tingkat layanan jembatan.

Untuk menjamin keamanan serta kemudahan implementasi pengujian, dan untuk mencegah kecelakaan, maka aturan-aturan berikut ini harus diikuti secara ketat dalam pengujian, diantaranya:

1. Bangun kesadaran akan keselamatan, tingkatkan kewaspadaan dan hindari kecelakaan kerja.
2. Dasar kunci pelaksanaan pekerjaan harus ditata dengan fasilitas-fasilitas proteksi dan pencahayaan, staf pengujian harus mengenakan helm dan sabuk pengaman.
3. Selama pengujian, perhatikan keamanan dan perlindungan air bagi peralatan dan perlengkapan.
4. Staf pengujian harus memahami instruksi-instruksi lapangan.
5. Personil yang tidak berkepentingan dilarang keras memasuki area pengujian.

Untuk menghindari terjadinya kegagalan dalam pelaksanaan pengambilan data di lapangan, beberapa hal perlu dipastikan terlebih dahulu, diantaranya:

1. Pastikan saat pelaksanaan pengujian dimulai, perijinan dari pemerintah setempat telah didapatkan dengan pemberian waktu pengujian sesuai dengan rencana.
2. Pastikan waktu pelaksanaan pengujian di lapangan sesuai dengan rencana yang telah disepakati agar semua persiapan dapat dimatangkan dari semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pengujian.
3. Persiapkan semua perlengkapan dan alat siap untuk menerima segala kondisi alam, seperti panas dan hujan. Berikan penutup jika alat tidak tahan terhadap cuaca dengan

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

tetap menjaga kinerjanya agar tetap berjalan dengan baik.

11.3 Pengolahan Data

Setiap data yang didapatkan di lapangan harus dicatat pada lembar yang telah disediakan dan dilakukan pengolahan sesuai dengan format yang telah ditentukan. Data yang diolah adalah:

1) Data strain gauge, diolah menjadi tegangan yang terjadi pada titik-titik pengukuran. Data hasil pengukuran strain merupakan data perubahan tegangan akibat beban truk yang diberikan. Untuk melihat apakah tegangan yang terjadi sudah melebihi yang diijinkan atau kapasitas elemen sudah dilampui maka tegangan yang didapat dari pengukuran strain gauge harus ditambah dengan data dari pemodelan struktur akibat berat sendiri jembatan dan beban lapisan aspal.
2) Data lendutan dibandingkan dengan data hasil pemodelan.
3) Data hasil pengujian dinamis.

Setelah pengujian beban statik dan dinamik, kondisi kinerja dan kapasitas dukung struktur akan dianalisis dan dievaluasi berdasarkan data pengujian yang telah disebutkan di atas, seperti:

1. Koefisien *Check*

   Koefisien *check* merupakan indeks penting (kunci) untuk mengevaluasi kondisi kinerja struktur dan untuk menentukan kapasitas dukung jembatan.

   Secara umum, koefisien *check* struktur harus tidak lebih dari 1. *ri* yang lebih rendah berarti reservasi keamanan jembatan yang lebih besar. Jika *ri* terlalu rendah atau terlalu tinggi, maka alasan-alasan harus dianalisis dari multi aspek.

   Jika terlalu tinggi: maka kekuatan material adalah rendah, kekakuan strutural rendah, hubungan antar elemen tidak baik, dsb.

   Jika terlalu rendah: kekuatan aktual dan modulus elastisitas material terlalu tinggi, tahanan friksi *brearing* dalam keadaan cocok (mendukung) struktur, kalkulasi struktur terlalu konservatif, dsb.

2. Relationship curve between actually measured and theoretical values
3. Kurva hubungan antara nilai-nilai teoritis dan nilai-nilai yang diukur secara aktual

   Karena perpindahan teoritis atau regangan umumnya dikalkulasi berdasakan fungsi konstitutif linier, maka jika kurva hubungan antara nilai-nilai yang diukur secara aktual

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

adalah nilai-nilai teoritis dalam proporsi langsung dan mendekati garis lurus, maka hal tersebut berarti struktur dalam keadaan kinerja elastis yang baik.

4. Perpindahan residual relatif (atau regangan)

   Jika perpindahan residual relatif (atau regangan) dari titik-titik pengukuran lebih kecil, hal tersebut berarti struktur lebih mendekati pada keadaan elastis. Secara umum, regangan residual relatif (perpindahan) tidak boleh lebih dari 20%. Jika terjadi melebihi 20%, maka alasan-alasannya harus diketahui. Jika hal tersebut dikarenakan kekuatan struktur yang kurang mencukupi, maka kapasitas dukung jembatan harus diturunkan sesuai hasil evaluasi.

5. Kinerja dinamik

   Kinerja dinamik jembatan kan dievaluasi dengan menganalisis koefisien kejut yang diukur secara aktual, tegangan dinamik dan defleksi gelagar, frekuensi gelagar arah vertikal dan melintang, dsb., serta membandingkannya dengan nilai-nilai teoritis.

6. Frekuensi alami (natural)

   Membandingkan nilai yang diperhitungkan secara teoritis dengan nilai yang diukur secara aktual dari frekuensi natural struktur. Jika nilai yang diukur lebih besar dari pada nilai teoritis, maka hal tersebut berarti kekakuan aaktual jembatan lebih besar; jika sebaliknya, maka kekakuan aktual jembatan lebih kecil, mungkin terdapat retakan-retakan khusus atau fenomena abnormal lainnya pada jembatan.

7. Damping ratio

   Sebenarnya damping rasio yang diukur merefleksikan kapasitas redam dari masukan energi eksternal. Jika damping rasio besar, maka hal tersebut berarti kapasitas redam struktur jembatan kuat, dan getaran menurun dengan cepat, dan sebaliknya. Namun demikian, damping rasio yang terlalu besar dapat mengindikasikan adanya retakan yang luar biasa pada jembatan atau adanya keadaan kinerja yang abnormal pada *bearings*, dsb.

11.4 Hasil Pengujian

Data yang didapatkan di lapangan yang telah selesai diolah merupakan data hasil pengujian yang dapat dijadikan dasar untuk pelaksanaan analisis, dan pembandingan dengan perilaku rencana (dalam dokumen perencanaan), sehingga dapat diketahui jembatan yang diuji memiliki perilaku yang sesuai dengan rencana ataukah tidak, dan dapat diberikan rekomendasi penanganannya agar perilaku jembatan menjadi sesuai dengan standar dan dapat memiliki umur hidup sesuai dengan perencanaan.

Hasil pengujian harus disampaikan dalam bentuk laporan hasil pengujian yang sekurang-kurangnya harus berisi mengenai:

SALINAN

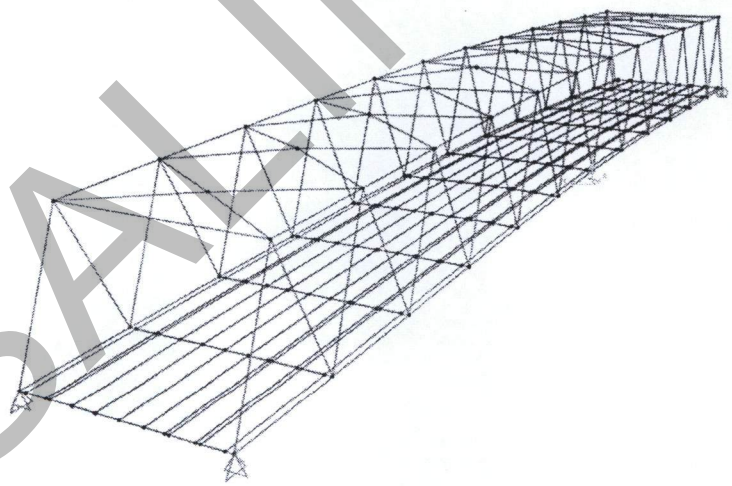
Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

1) Informasi umum jembatan
2) Informasi mengenai uji pembebanan yang akan dilakukan
3) Rencana Pelaksanaan Pengujian Beban Statik
4) Rencana Pelaksanaan Pengujian Beban Dinamik
5) Hasil Pelaksanaan Pengujian Beban Statik
6) Hasil Pelaksanaan Pengujian Beban Dinamik
7) Evaluasi Kinerja Jembatan dan Kapasitas Dukung Beban
8) Kesimpulan

Berikut disajikan contoh hasil pemodelan struktur dan modal, serta penyajian data hasil pelaksanaan pengujian beban dinamik.

A. Permodelan Struktur

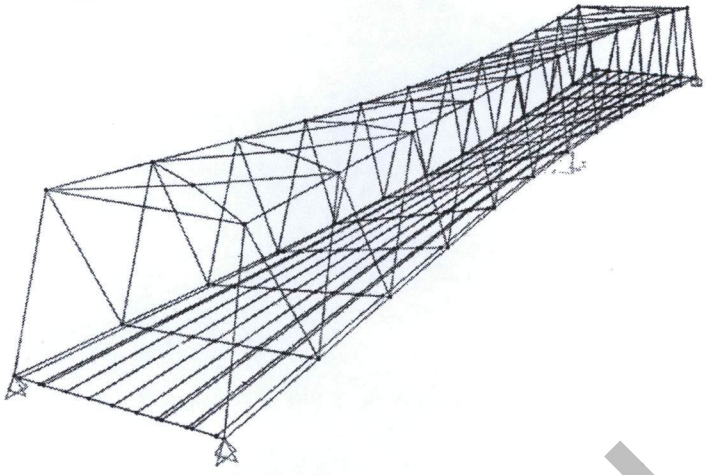
Untuk mendekati nilai frekuensi getar rencana jembatan, dilakukan permodelan struktur atas jembatan dengan menggunakan program analisis struktur. Analisis struktur tiga dimensi ini dilakukan untuk mengetahui parameter dinamik pada saat struktur menerima beban getar. Output komputasi analisis struktur dibandingkan dengan data hasil pengamatan lapangan dengan alat uji vibrometer. Berikut resume analisis dinamik dengan program komputer disajikan dalam bentuk grafis.



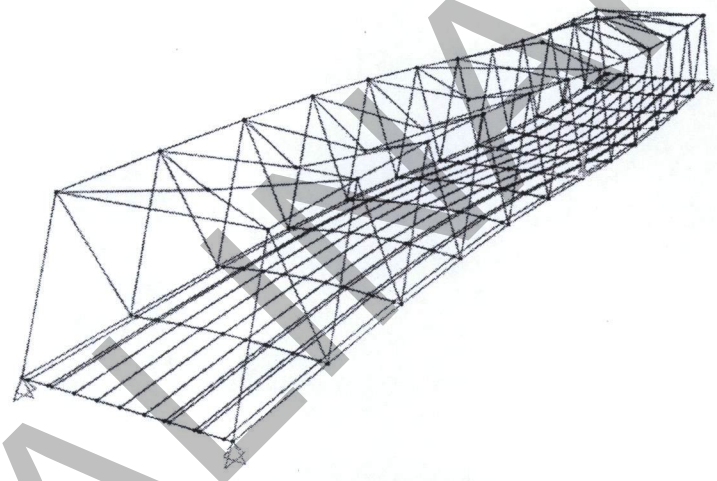
Gambar 31 Getaran Vertikal Frekuensi Alami

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 32 Getaran Transversal Frekuensi Alami



Gambar 33 Getaran Longitudinal Frekuensi Alami

B. Hasil Permodelan Struktur untuk Modal (eigen value)

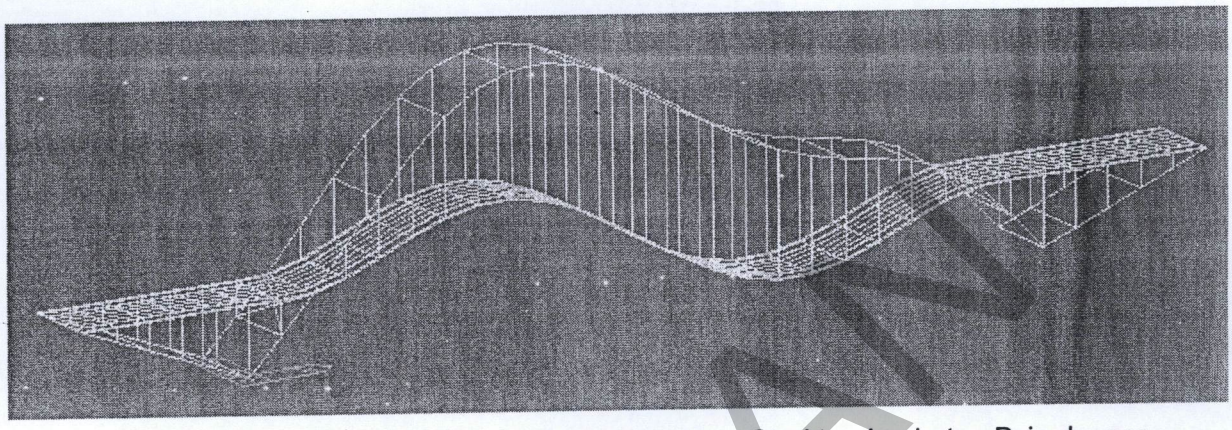
Setiap struktur memiliki eigen valuenya sendiri yang besaran nilainya dipengaruhi oleh geometri dari struktur, material yang digunakan dan dimensi elemen strukturnya. Bentuk deformasi setiap modal menunjukkan sensitivitas struktur terhadap beban yang bekerja diatasnya, sedangkan nilai frekuensi yang didapat menujukan sensistivits terhadap beban cyclic yang bekerja diatas. Jika frekuensi beban sama dengan frekuensi pribadi struktu maka akan terjadi resonansi yang akan mengaibatkan keruntuhan struktur. .

Sebagai contoh, **Gambar 34** menunjukan modal pertama darise buah jembatan dengan pelengkung. Jembatan ini terdiri 3 bentang, yaitu dua bentang sayap dan sau bentang utama yang dihubungkan dengan kabel ke pelengkung. Bentuk deformasi dari modal ini menunjukan doniman deformasinya adalah arah vertikal. Bagian kanan bentang utama

SALINAN

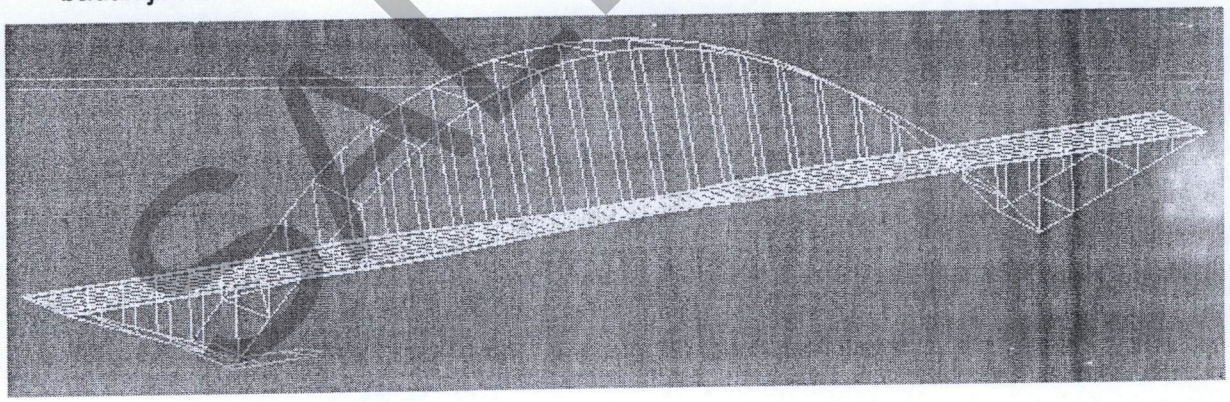
Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

mengalami deformasi ke bawah sedang bagian kiri justru naik ke atas. Kondisi ini menunjukkan bahwa struktur ini akan mengalami efek yang lebih kritis akibat beban gravitasi yang bekerja pada bagian kanan bentang utama. Sedangkan jika beban gravitasi dikerjakan pada keseluruhan bentang utama, maka deformasi yang terjadi akan lebih kecil karena bagian kiri dan kanan akan saling mengurangi.



Gambar 34 Bentuk Deformasi Modal Pertama Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung

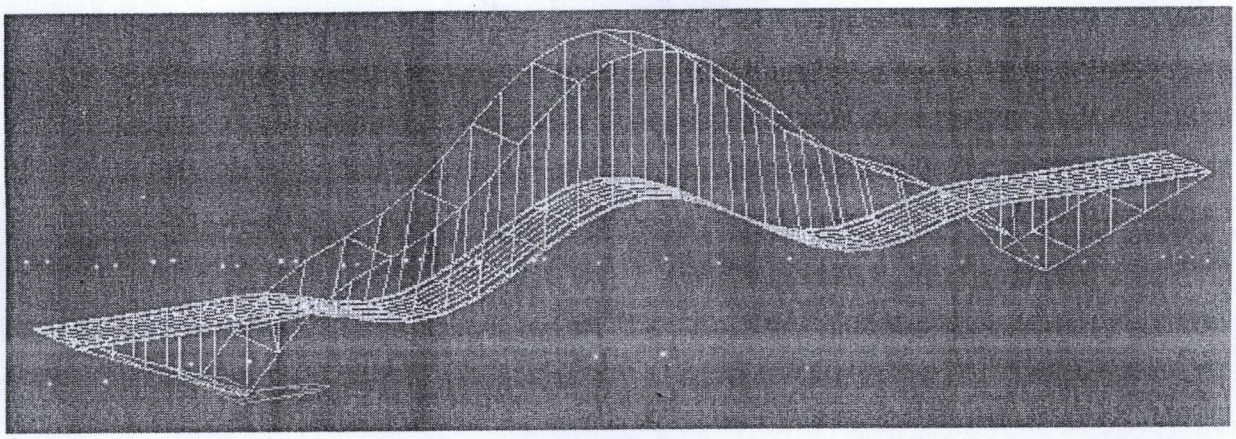
Pada **Gambar 35** menunjukan bentuk deformasi pada modal kedua. Pada mode ini, deformasi jembatan lebih dominan ke arah horizontal dan kombinasi dengan rotasi pada badan jembatan.



Gambar 35 Bentuk Deformasi Modal Kedua Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung

Pada **Gambar 36** menunjukan bentuk deformasi pada modal ketiga. Deformasi ynag terjadi doniman arah vertikal dan kombinasi deformasi arah longitudinal. Walaupun deformasi dominan adalah vertikal tetapi berbeda bentuk dengan mode pertama. Pada mode ini, defomasi mengakibatkan kedua sisi busur turun dan bagian akan terdorong ke atas.

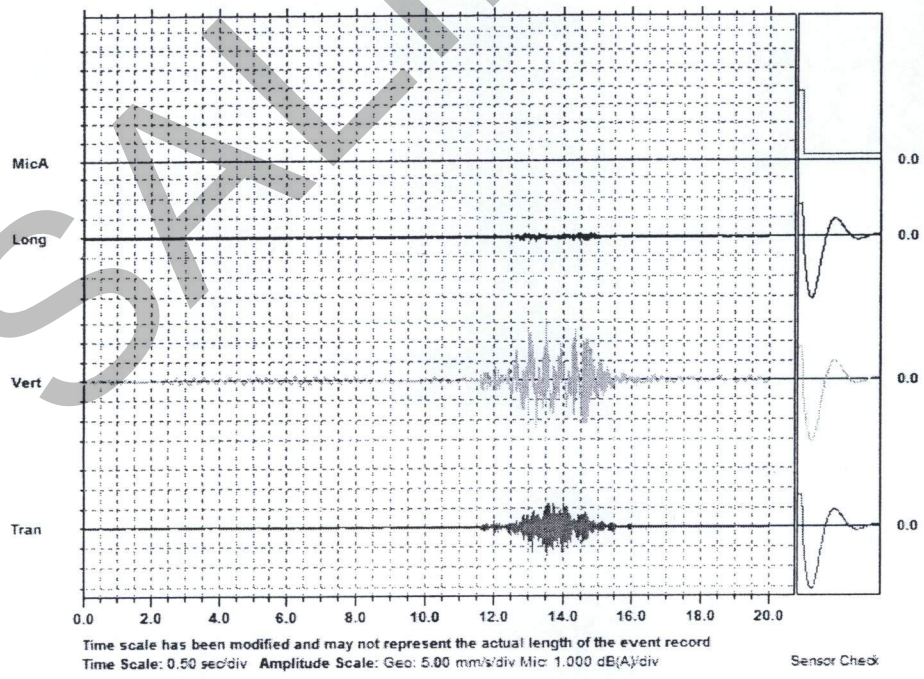
Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*



Gambar 36 Bentuk Deformasi Modal Ketiga Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung

C. Hasil Pengujian Dinamik

Berikut disajikan contoh hasil pengujian beban dinamis arah vertikal yang dihasilkan dari impact beban truk yang dihasilkan dengan alat BlastMate III menggunakan Blastware 10, respon jembatan menunjukkan getaran pada jembatan domiman dalam arah vertikal. Blastmate memberikan respon data yang ditampilkan oleh blastware, dimana memberikan tampilan data pertama berupa grafik event report seperti disajikan pada gambar di bawah ini.

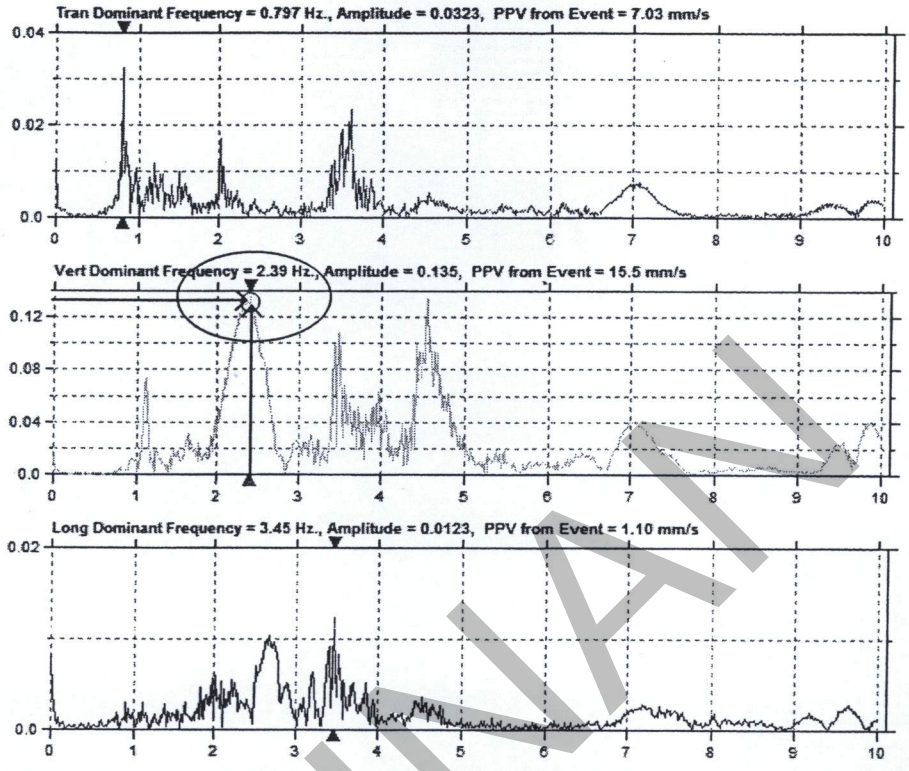


Gambar 37 Hasil Pengujian Beban Dinamis pada Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung (Tampilan Event Report)

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Dari event report ini, diolah lebih lanjut oleh Blastware sehingga dihasilkan FFT Report yang tampilan gambarnya seperti di bawah ini.



Gambar 38 Hasil Pengujian Beban Dinamis pada Struktur Jembatan Baja dengan Pelengkung (Tampilan FFT Report)

Dari hasil grafik di atas dapat dilihat frekuensi dominan untuk arah vertikal adalah sebesar 2,39 Hz dengan membaca grafik arah vertikal, dan amplitudo sebesar 0,135 dengan membaca grafik arah horizontal.

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

Lampiran 1

Bentuk Form Pengujian

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

LAPORAN PEMERIKSAAN MENDETAIL JEMBATAN

No. Jembatan (lama)	No. Propinsi	No. Ruas Jalan	No. Urut Jembatan	Suffix	Link Suffix

No. Jembatan (baru)	Kabupaten/kota	Status jln	No. ruas jln	Link suffix	No. urut jbt	No. tbhn jbt	Jbt. Ganda

Nama Jembatan					**Propinsi/kabupaten/kota :**
Lokasi Jembatan	**koord. awal**	**LS**		**BT**	**Dari (kota asal/KM nol) :**
	koord. Akhir	**LS**		**BT**	**KM (jarak dari kota asal) :**
Tanggal pemeriksaan	**Nama pemeriksa/NIP**				**Thn. Pembangunan :**

PEMERIKSAAN VISUAL

3.430	Pelengkung						
3.440	Balok Pelengkung						
3.450	Rangka						
3.480	Sistem Gantung						
3.500	Sistem Lantai						
3.600	Sambungan lantai						
3.610	Landasan						
3.620	Sandaran						
3.700	Perlengkapan						
3.800	Gorong-gorong						
3.900	Lintasan Basah						

LEVEL 1		Nilai Kondisi (pilihan)					
Kode	Elemen	S	R	K	F	P	NK
1.000	Jembatan						

F. Penilaian Kondisi untuk inventarisasi	
NK	**Keterangan**
0	Jembatan baru dan tanpa kerusakan
1	Kerusakan kecil
2	Kerusakan yang memerlukan pemantauan atau pemeliharaan di waktu mendatang
3	Kerusakan yang memerlukan tindakan cepat
4	Kondisi kritis
5	Elemen jembatan tidak berfungsi lagi

Keterangan	Kriteria	Nilai
Struktur (S)	Berbahaya	1
	Tidak berbahaya	0
Kerusakan (R)	kerusakan parah	1
	kerusakan ringan	0
Perkembangan (K)	meluas, lebih dari 50%	1
	tidak meluas, kurang dari 50%	0
Fungsi (F)	Elemen tidak berfungsi	1
	Elemen berfungsi	0
Pengaruh (P)	Dipengaruhi elemen lain	1
	Tidak dipengaruhi elemen lain	0
Nilai Kondisi (NK)	NK = S + R + K + F + P	0 - 5

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

CATATAN DAN GAMBAR

	Karat pada besi tulangan
204	Kerusakan komponen karena aus dan lapuk
205	Pecah atau hilangnya sebagian dari beton
206	Lendutan
	BAJA
301	Penurunan mutu dari cat atau galvanis
302	Karat
303	Perubahan bentuk pada komponen
304	Retak
305	Komponen yang rusak atau hilang
306	Elemen yang salah
307	Kabel jembatan yang aus
308	Sambungan yang longgar
	KAYU
401	Pembusukan dan pelapukan, serangan serangga, pecahnya kayu, cacat Menyerpihnya papan lantai
402	Hancur atau hilangnya material
403	Menyusutnya kayu
404	Penurunan mutu lapisan pengaman
405	Sambungan yang longgar

511	Penggembungan permukaan
512	Retak, rontok, atau pecah dari panel tanah bertulang
513	**Angker-Jembatan gantung dan Jembatan kabel**
514	Tidak stabil
515	**Kepala Jembatan dan Pilar**
516	Kepala Jembatan atau Pilar bergerak
517	**Landasan Penahan Gempa**
518	Elemen longgar atau hilang
519	**Landasan/ Perletakan**
520	Tidak cukupnya tempat untuk bergerak
521	Kedudukan landasan yang tidak sempurna
522	Mortar dasar retak atau rontok
523	Perpindahan yang berlebihan
524	Perubahan (deformasi) yang berlebihan
525	Aus karena lumpur
526	Landasan pecah atau retak
527	Bagian yang rusak atau hilang
528	Bagian yang longgar
	Kurangnya pelumasan pada landasan logam

	Retak pada lapisan permukaan
723	Lapisan permukaan yang bergelombang
724	Lapisan perkerasan yang berlebihan
	Trotoar/ Kerb
731	Permukaan trotoar yang licin
732	Lubang pada trotoar
733	Bagian yang hilang
	Sambungan Lantai
801	Kerusakan sambungan lantai yang tidak sama tinggi
802	Kerusakan akibat terisinya sambungan
803	Bagian yang longgar/lepasnya ikatannya
804	Bagian yang hilang
805	Retak pada aspal karena pergerakan di sambungan lantai
	Pembatas/ Portal
901	Kerusakan atau hilangnya batas-batas ukuran
	Rambu-rambu lalu-lintas dan Marka jalan
911	Tulisan tidak nyata/jelas
912	Bagian yang hilang
	Lampu, Tiang Lampu dan Kabel Listrik
921	Rusaknya bahan/penurunan mutu
922	Bagian yang hilang
	Utilitas
931	Tidak berfungsi

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

FORM PENGUJIAN BEBAN STATIK

No. Jembatan (lama)	No. Propinsi	No. Ruas Jalan	No. Urut Jembatan	Suffix	Link Suffix

No. Jembatan (baru)	Kabupaten/kota	Status jln	No. ruas jln	Link suffix	No. urut jbt	No. tbhn jbt	Jbt. Ganda

Nama Jembatan				Propinsi/kabupaten/kota :
Lokasi Jembatan	koord. awal	LS	BT	Dari (kota asal/KM nol) :
	koord. Akhir	LS	BT	KM (jarak dari kota asal) :
Tanggal pemeriksaan	Nama pemeriksa/NIP			Thn. Pembangunan :

INFORMASI SENSOR TERPASANG

Jumlah sensor yang digunakan		buah

Visualisasi letak sensor yang dipasang pada jembatan

INFORMASI PEMBEBANAN

Total Beban yang direncanakan	( ) % UDL	( ) Ton	( ) Truk

Lokasi Perletakan Beban

Pengujian Garis Pengaruh

Pengujian Beban Loading Un Loading

HASIL PENGUJIAN DAN URUTAN PEMBEBANAN PENGUJIAN LOADING

Posisi Truk	Pembacaan Total Station				Pembacaan Sensor																	
	Prisma-1	Prisma-2	Prisma-3	Prisma-4	SG-1	SG-2	SG-3	SG-4	SG-5	SG-6	SG-7	SG-8	SG-9	SG-10	SG-11	SG-12	SG-13	SG-14	SG-15	SG-16	SG-17	SG-18	SG-19

HASIL PENGUJIAN DAN URUTAN PEMBEBANAN PENGUJIAN UNLOADING

Posisi Truk & Jumlah Beban	Pembacaan Total Station				Pembacaan Sensor																	
	Prisma-1	Prisma-2	Prisma-3	Prisma-4	SG-1	SG-2	SG-3	SG-4	SG-5	SG-6	SG-7	SG-8	SG-9	SG-10	SG-11	SG-12	SG-13	SG-14	SG-15	SG-16	SG-17	SG-18	SG-19

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

FORM PENGUJIAN BEBAN DINAMIK

No. Jembatan											
(lama)	No. Propinsi		No. Ruas Jalan			No. Urut Jembatan			Suffix	Link Suffix	

No. Jembatan														
(baru)	Kabupaten/kota		Status jln		No. ruas jln			Link suffix			No. urut jbt		No. tbhn jbt	Jbt. Ganda

Nama Jembatan					**Propinsi/kabupaten/kota :**
Lokasi Jembatan	**koord. awal**	**LS**		**BT**	**Dari (kota asal/KM nol) :**
	koord. Akhir	**LS**		**BT**	**KM (jarak dari kota asal) :**
Tanggal pemeriksaan	**Nama pemeriksa/NIP**				**Thn. Pembangunan :**

INFORMASI SENSOR TERPASANG

Jumlah sensor yang digunakan		buah
Visualisasi letak sensor yang dipasang pada jembatan		

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*

FORM PENGUJIAN BEBAN DINAMIK

No. Jembatan											
(lama)	No. Propinsi		No. Ruas Jalan			No. Urut Jembatan			Suffix	Link Suffix	

No. Jembatan														
(baru)	Kabupaten/kota		Status jln	No. ruas jln			Link suffix			No. urut jbt			No. tbhn jbt	Jbt. Ganda

Nama Jembatan					Propinsi/kabupaten/kota :
Lokasi Jembatan	koord. awal	LS		BT	Dari (kota asal/KM nol) :
	koord. Akhir	LS		BT	KM (jarak dari kota asal) :
Tanggal pemeriksaan	Nama pemeriksa/NIP				Thn. Pembangunan :

INFORMASI SENSOR TERPASANG

Jumlah sensor yang digunakan		buah
Visualisasi letak sensor yang dipasang pada jembatan		

SALINAN

Dokumen ini tidak dikendalikan jika diunduh / *Uncontrolled when downloaded*