

SHMS

STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM





Tim PT Testindo bersama Komisi Keselamatan Jembatan dan Terowongan Jalan - Kementerian Pekerjaan Umum

STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM

ADVANCE SHMS (MODEL UPDATING)

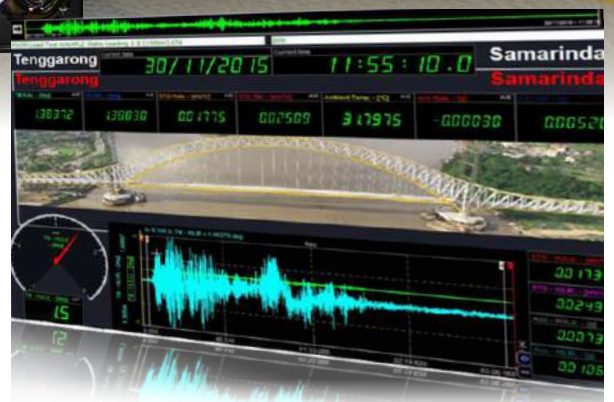
Model Updating bermanfaat untuk menganalisa kondisi kesehatan struktur secara lebih presisi termasuk mengevaluasi kapasitas jembatan dari model yang sudah divalidasi data pengukuran lapangan (loading test maupun permanen SHMS)

Model Updating ini sesuai Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR No. 4/SE/Db/2020 tanggal 23 Maret 2020 tentang Panduan Teknis Evaluasi Struktur Jembatan untuk Dispensasi Penggunaan Jalan yang Memerlukan Perlakuan Khusus point Bab No. 8 yaitu kalibrasi model struktur (model updating)





Integrasi Data Pengukuran dari Sensor Sensor terpasang dengan Software Permodelan Finite Element melalui Software FEMtools - Integrated Solution untuk Finite Element Model Verification, Validation, Updating and Optimization - akan menghasilkan permodelan finite element yang identik dengan struktur eksisting sehingga bermanfaat untuk damage detection secara otomatis dan fatigue analysis (memperkirakan sisa umur struktur).



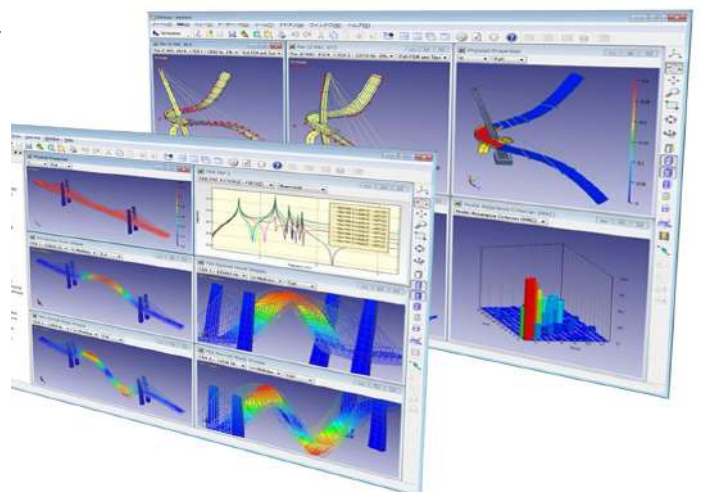
Kemampuan SHMS Model Updating (Advance SHMS):

- Mendeteksi kerusakan struktur
- Mendeteksi posisi kerusakan
- Mampu memberikan informasi tingkat kerusakan struktur
- Dapat memprediksi sisa umur struktur

DIGITAL TWIN

Digital twin adalah representasi digital dari sebuah struktur dalam bentuk model finite element yang telah diverifikasi berdasarkan hasil pengukuran respon struktur dari sensor - sensor yang di pasang pada sebuah struktur.

Sehingga model finite element mempunyai respon yang serupa dengan struktur asli. Dalam konteks digital twin, model simulasi juga mencakup beban actual dan

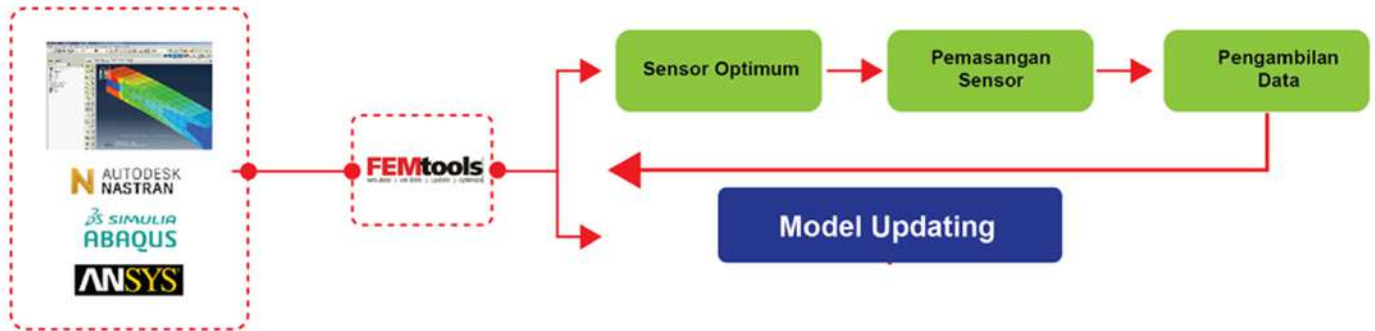


dukungan actual (dengan mengambil data pengukuran lapangan).

Data uji tersebut digunakan untuk memvalidasi dan memperbarui model simulasi sehingga respon struktural dapat diperkirakan dengan tingkat confidence yang tinggi bahkan pada lokasi yang tidak terpasang sensor dan instrument. Validasi dan updating model Finite element adalah pendekatan terbaik dan sistematis. Alur kerja nya meliputi: manajemen data, perencanaan pengujian, analisis korelasi, analisis sensitivitas, model updating dan post processing.

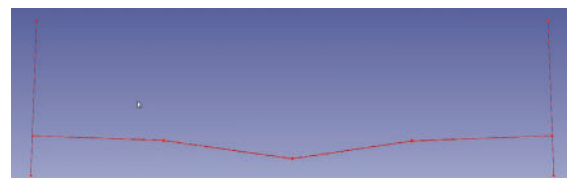
Hal ini dapat dilakukan segera setelah adanya prototipe produk tetapi juga dapat dilakukan selama masa pakai produk untuk memastikan model simulasi tetap akurat. Oleh karena itu teknologi ini akan menjadi faktor penting dalam digital twin.

FEMtools untuk Periodic Testing



Tahapan Digital Twin, kombinasi simulasi dan data pengujian:

1. Membuat Simulasi Permodelan di Komputer (menggunakan Software finite element)
2. RUN software FEMtools
3. Software FEMtools akan mengguide sensor optimum
4. Melakukan instalasi sensor dan data logger pada objek
5. Merekam hasil pengujian, lalu merekam nya sesuai format yang diminta femtools
6. FEMtools akan melakukan Validation, & Updating Simulation Models yang dibuat secara otomatis
7. Model yang telah di validasi di pakai untuk keperluan damage detection, SHMS, analisa kapasitas struktur dan lain-lain.



Deformed test model using GPS data

Expansion of the test data to the full finite element model.



Deformed FE model based on expanded test GPS data

COMPLETE SYSTEM

- Termasuk Modul signal processing dan modal parameter extractor
- FEMtools bisa melakukan model updating menggunakan beberapa jenis sensor sekaligus. Contohnya model updating menggunakan data dari GPS, accelerometer, anemometer, tilt meter, strain gage dll.



Proses kerja SHMS ialah dengan cara menempatkan sensor pada titik-titik yang telah ditentukan, selanjutnya data yang didapat dari sensor-sensor akan di proses oleh TMR Interface Module, berikutnya data di tampilkan pada layar led.

Penampilan dari monitoring sendiri dapat dilakukan baik secara langsung pada titik pengujian maupun secara online, dengan monitoring online kita dapat mengawasi proses SHMS dari suatu tempat.



Keuntungan dari SHMS dengan brand TMR Instrument adalah:

- Sistem yang fleksibel dan customize sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengamatan pada berbagai bentuk dan jenis struktur.
- Design yang fitur expandable sehingga dapat expand untuk menyesuaikan dengan kebutuhan monitoring kedepannya.
- Mencatat seluruh parameter yang dimonitor secara realtime dan tersinkronisasi
- Dilengkap dengan analyzer tools dan data signal processing sehingga dapat digunakan dengan mudah oleh pihak yang berkepentingan terhadap informasi kondisi kesehatan struktur untuk menyederhanakan seluruh data tersebut sehingga mendapatkan kesimpulan dengan cepat dan tepat.

Mengapa Testindo Partner Terbaik Dalam Hal Ini?

PT TESTINDO adalah sistem integrator dan suplier data acquisition system/data logger/online monitoring, dan test & measurement products dimana engineering kami sudah berpengalaman dalam beberapa proyek dari tahun 2006 diantaranya sbb:



Desain Online Monitoring Jembatan Suramadu (Structural Health System/SHMS), 2007 -2009.



Online Monitoring Jembatan Mahkota II (Structural Health Monitoring System/SHMS), Samarinda – Kalimantan Timur, 2017



Online Monitoring Jembatan Merah-Putih (Structural Health Monitoring System/SHMS), Ambon – Maluku, 2016



Online Monitoring Jembatan Kamojang (Structural Health Monitoring System/SHMS), Bandung – Jawa Barat, 2016



Online Monitoring Jembatan Kukar (Structural Health Monitoring System/SHMS), Tenggarong – Kalimantan Timur, 2015



Online Monitoring Jembatan Tayan (Structural Health Monitoring System/SHMS), Pontianak – Kalimantan Barat, 2015



Design and Supply Online Monitoring Wind Speed & Director at Toll Bali (2013)



Selama ini Testindo sering terlibat dalam pengujian dan menyajikan data-data jembatan baru sebelum diresmikan.

Foto di samping merupakan foto team Testindo bersama Team KKJT-Kementrian PU (Komisi Keselamatan Jembatan Dan Terowongan Jalan).



Jembatan Tayan - Pontianak Kalimantan Barat

INSTRUMENT, SENSOR SOFTWARE

SENSOR



Displacement Transducer



Tilt Meter



Seismic Accelerometer



SOFO Displacement Sensor (Fiber Optic)



Scouring



Strain Gauge



GPS differential



Temperature Sensor



Crackmeter



Load Cell



LVDT



Concrete Corrosion Sensor

SENSOR



Wind Sensor



Rain Gauge



Wind Speed & Direction



Barometric Pressure



Soil Settlement



Piezometer



Inclinometer



Cable Strain
Sensor



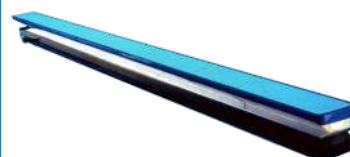
Water Level Meter



Concrete Humidity



Humidity & Corrosion



Weight In Motion

Semua Sensor Dapat Kami Integrasikan Menjadi Satu Sistem (SHMS)

Menggunakan TMR – Data Acquisition System

Data Logger / Acquisition availables:

- Distributed monitoring & control system
- Wireless Remote Monitoring System
- Wireless Data Collection
- Portable

DISTRIBUTED MONITORING & CONTROL SYSTEM

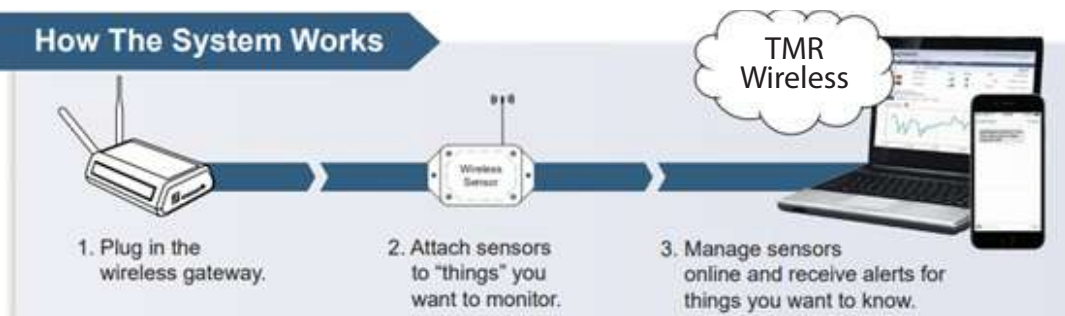


- TMR Q Distributed monitoring & control system
- Can be integrated to measure ALL SENSORS
- Flexible/Modular & Future Expandable!!

AUTOMATIC WIRELESS MONITORING



How The System Works



Superior Wireless Range

1,200+ ft. non-line-of-sight through 12+



Long Battery Life

12+ years powered by 2 AA batteries.



Security

Integrated bank level security (256-bit exchange and AES-128 CTR on all messages).



Onboard Data Memory

Store up to 512 readings per sensor.
- 10 min heartbeats = 3.5 days
- 2 hour heartbeats = 42 days



Future Proof

Over-the-air updates allow products to be updated remotely.



FCC / CE Certified Module

Highest performing RF module for OEMs providing diverse enterprise IoT applications.

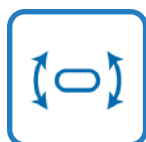


100% Comprehensive Solution

No additional hardware, software or subscriptions are required. No Monthly Fees.



Vibration



Tilt



Temperature



Water Level



Strain



Displacement



Scour

WIRELESS DATA ACQUISITION



For any client with a limited budget, so monitoring is done by operator that should do a routine patrol (one a day/ week/month) Monitoring is done through laptop (connected with gateway), so wireless reading can be taken from SENSORS in hard to access areas - all from the convenience of your vehicle.

- **Trending data monitoring**
- **Alarm notification**



PORTABLE DATA ACQUISITION

Synchronous multi-domain data acquisition system

Can be integrated for measuring various sensors inputs: vibrating wire, electrical strain gauges sensors, inductive electromagnetic, & fiber optic sensors

SOFTWARE



Visualisasi Curva Graphic

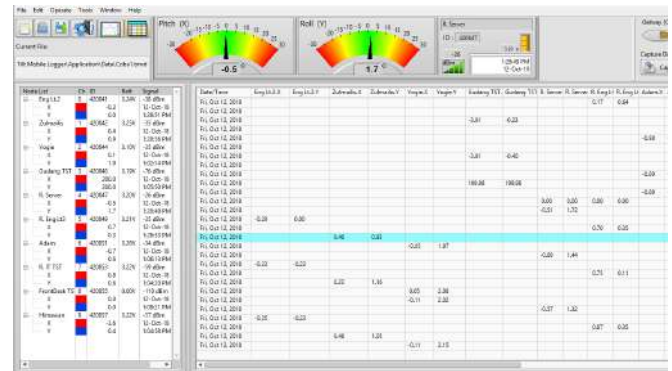
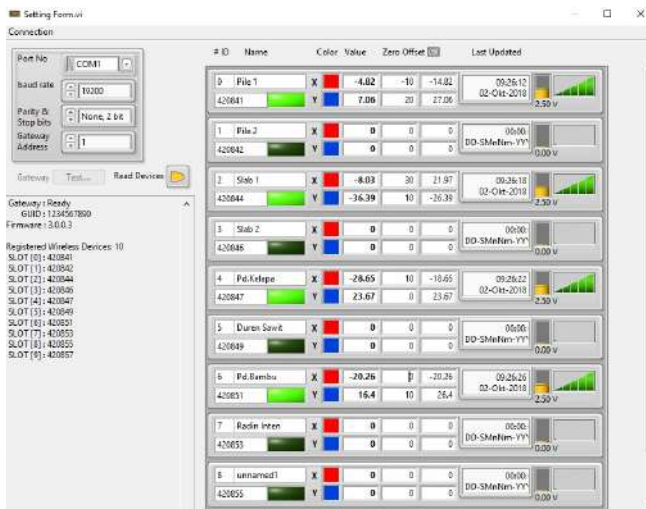
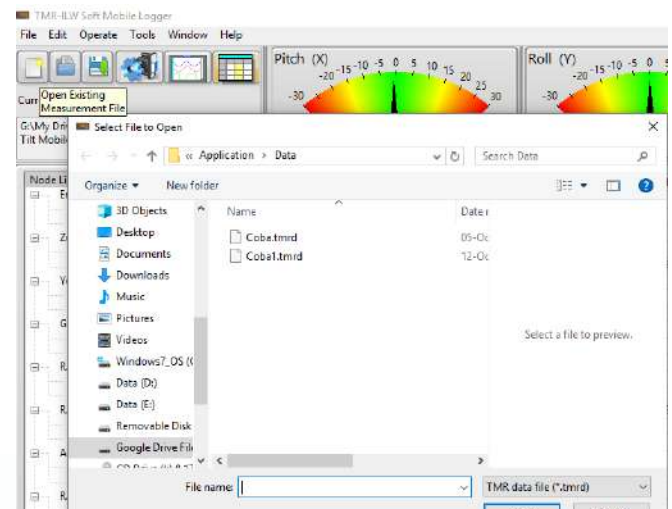


Table View



Connection & Device Channel



File Open, Create & Save

Data Collection Software (TMR-SOFT VIEW)

TMR-SOFT VIEW data processing software has been designed to allow users to quickly review and compare collected field data.

Compatible dta files

- Works with *.tdms & *.dat data file structure

Data display options

- Response, curvature, neutral axis plots
- Group sensors for averaged range calculation
- Range of filtering & decimation options
- Convert data to frequency domain

Input Options

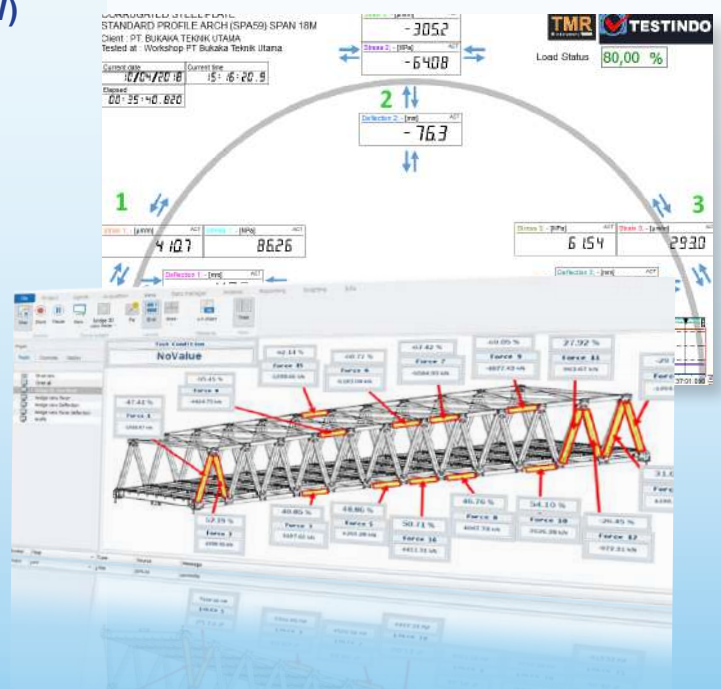
- Load finite element analysis analysis results for direct graphical comparison with collected data

Extract Data

- Excel spreadsheet
- Text file
- Max/Min value extraction

Auto Plot Graphs

- Generate graphs for reports



Data Collection Software (TMR-SOFT)

TMR-SOFT data processing software has been designed to calculate and display tension forces in cables using the vibration method.

Compatible data files

- Works with *.tdms & *.dat data file structure

Data display options

- Plots acceleration response history
- Automatic frequency plot (FFT)
- Convert time domain data to frequency domain

Input Cable properties

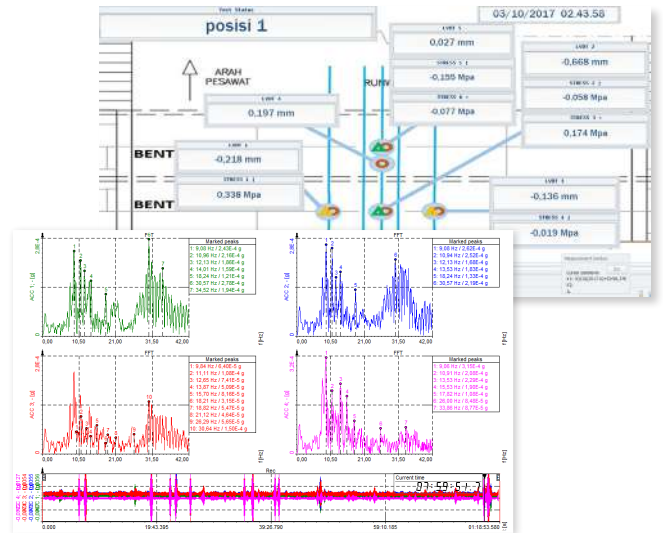
- Cable Length
- Cable unit weight

Peak Finding

- Automatic FFT peak finding
- Manually select peak locations
- Manually adjust peak spacing
- Historic trend data

Generate Cable Force Report

- Output cable force data to MS Excel or text file
- Compare differences between cables (balancing multiple cable forces)



Data Management Software (OPTIONS)

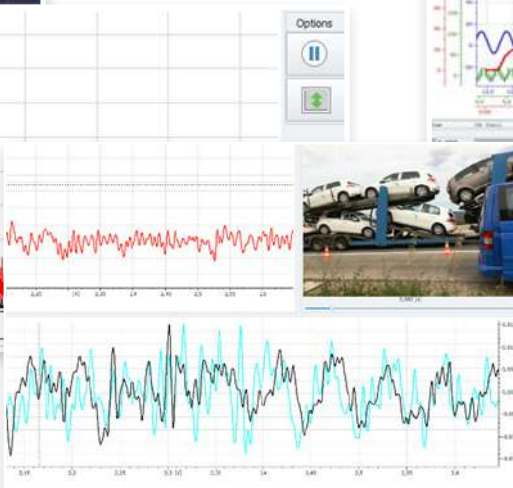
TESTINDO uses online data management software for automatic data management, data processing, alarm warnings, and web based data viewing.



Load Test Monitoring



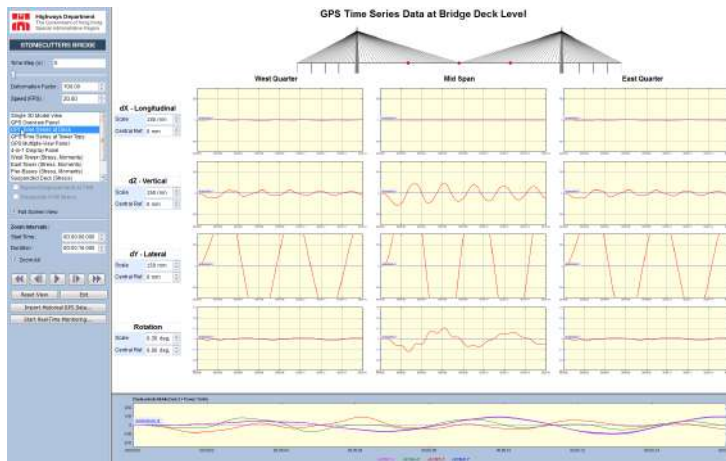
FFT Analysis



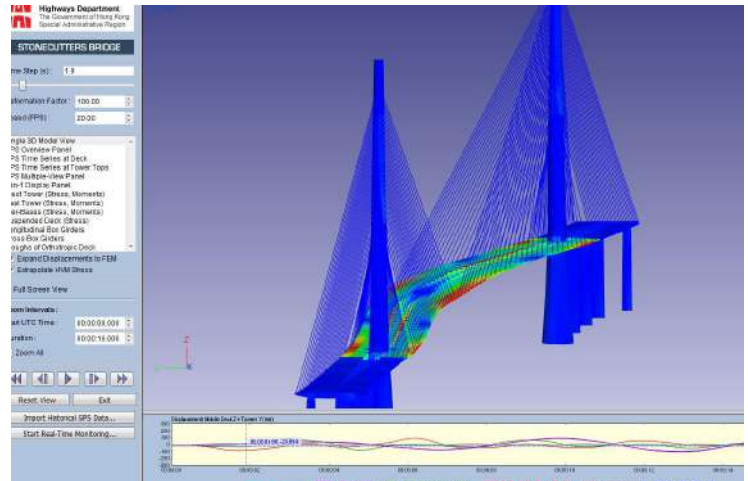
Signal Waveform Record Synchronize



Post Processing & Post Analysis



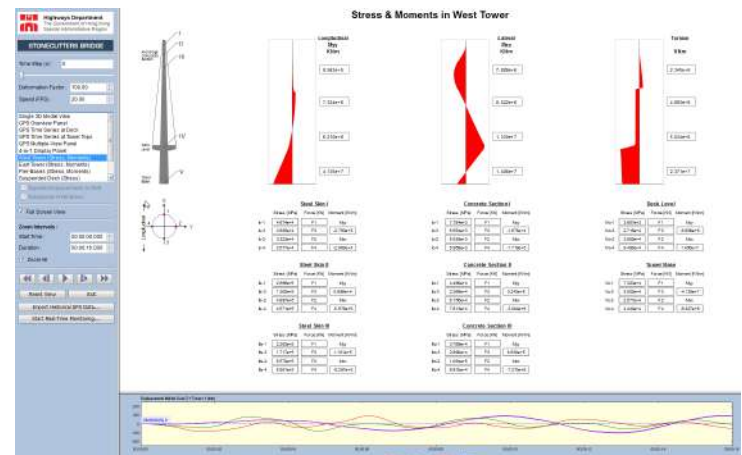
Realtime Displacement Monitoring



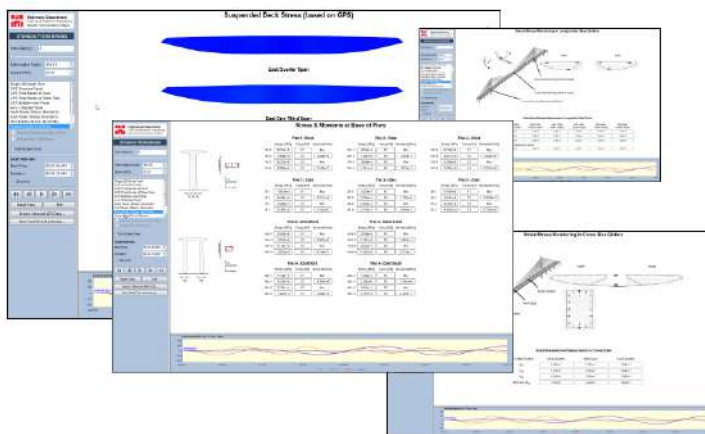
Realtime Displacement & Stress Monitoring using FEM



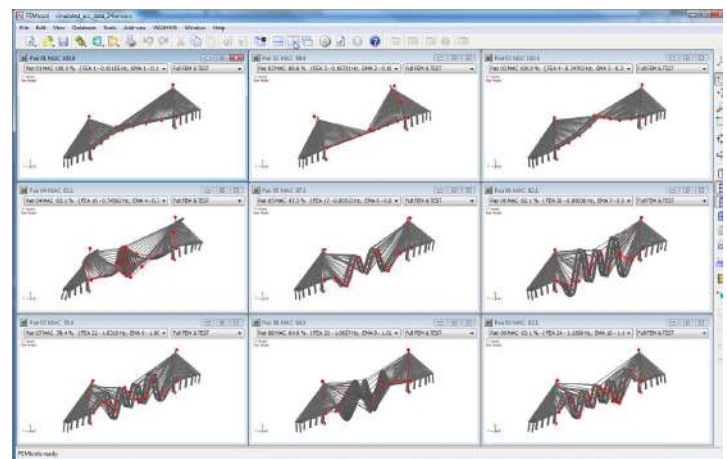
Displacement Monitoring (4-in-1 Display)



Stress and Moments Monitoring



Examples of Stress, Force and Moments Monitoring Panels

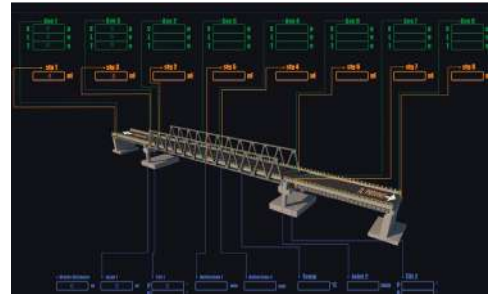


Mode Shape Display

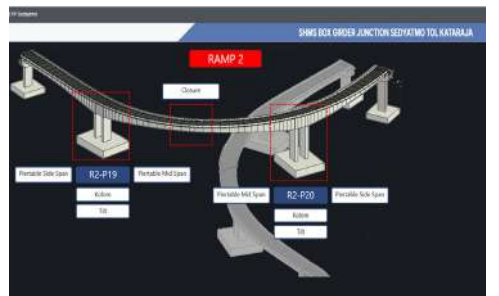


Jembatan Mahkota 2 - Samarinda Kalimantan Timur

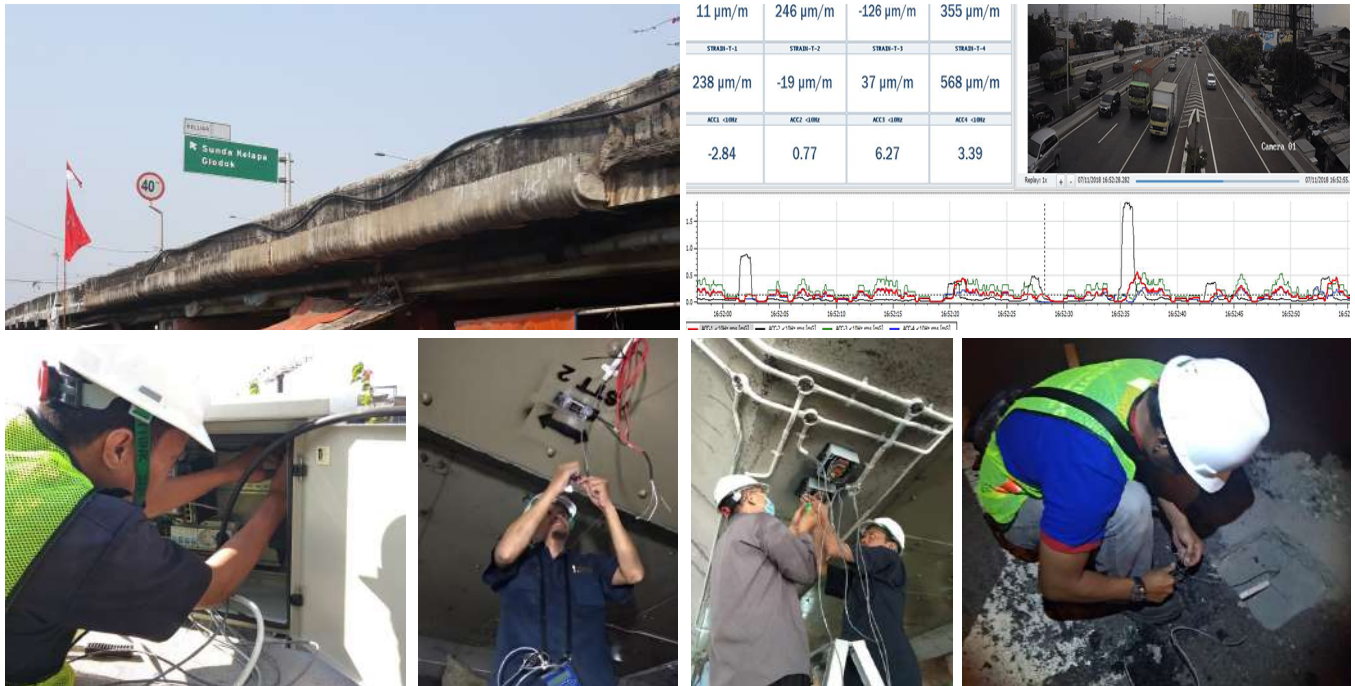
PROJECT EXPERIENCE



Structural Health Monitoring System (SHMS) Jembatan Lematang - PT Mustika Indah Permai



Structural Health Monitoring System (SHMS) Jembatan Tol Sedyatmo - PT PP Persero Tbk



Structural Health Monitoring System Jembatan Tol Ir Wiyoto Wiyono (CMNP)

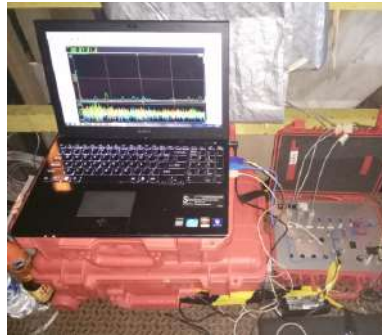




Loading Test Jembatan Dewi Banjarmasin



Loading Test Jembatan Tambarangan Banjarmasin



Loading Test Jembatan Ciroyom Bandung



Loading Test Jembatan Otista - Bogor Jawa Barat



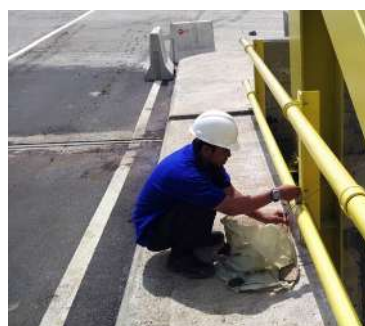
Loading Test Jembatan Kereta Api di Aceh





Load Test Taxi Way Soekarno Hatta International Airport

Loading Test Jembatan Japek Elevated



Pengadaan Structural Health Monitoring System & Bridge Simulation Politeknik Negeri Jakarta

Online Monitoring Jembatan Kamojang Bandung – Jawa Barat, 2016



Loading Test Jembatan Mahkota II



Tol Layang Solo Kertosono - Senjoyo

Loading Test Jembatan Sosrodilogo - Bojonegoro



Loading Test Gedung Balok Existing Gedung Imigrasi Kuningan , Jakarta Selatan

Pengujian Getaran Lantai Gedung PT Genero Pharmaceutical



Loading Test Jembatan Merah Putih Ambon



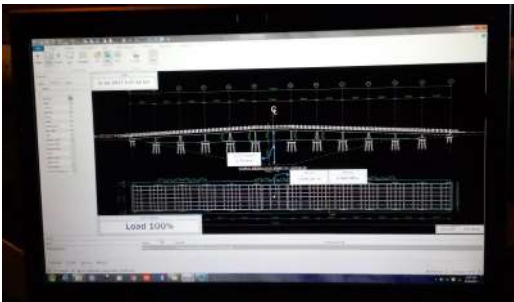
Loading Test Jembatan Kaligarang - Semarang



Loading Test Jembatan Grandong - Jawa Barat



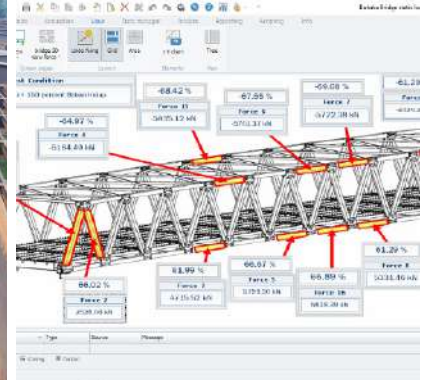
Loading Test Jembatan Bukaka



Loading Test Jembatan Banjarmasin



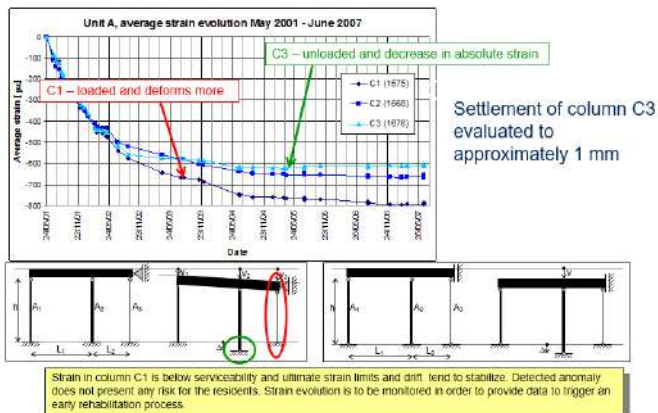
Loading Test Jembatan Rangka Baja 60M



TUJUAN & MANFAAT SHMS

1. SHMS terkait dengan keamanan

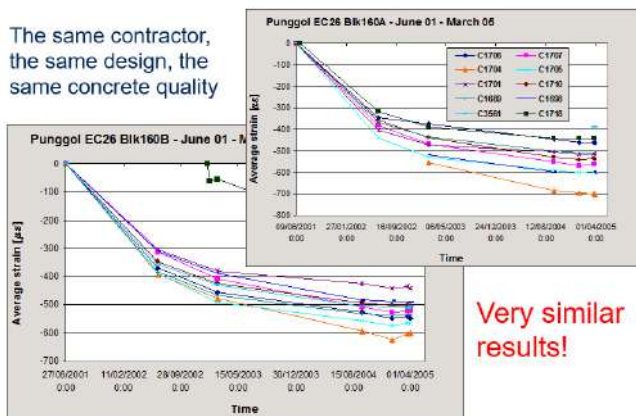
SHMS berfungsi sebagai early detection malfungsi pada struktur.



2. Monitoring mengurangi ketidakpastian

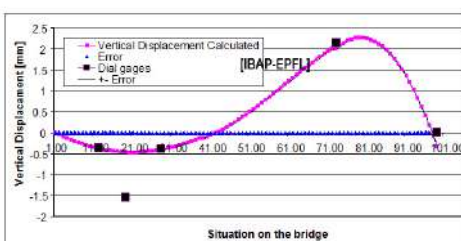
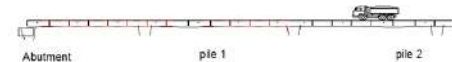
SHMS memberikan informasi tentang kualitas material yang digunakan dalam konstruksi, tentang beban real yang bekerja pada struktur dan tentang proses degradasi performance struktur (ageing).

The same contractor,
the same design, the
same concrete quality



3. Pemantauan menjamin kualitas

Dengan menyediakan data yang terus menerus dan kuantitatif, SHMS membantu dalam menilai kualitas struktur selama konstruksi, operasi, pemeliharaan dan perbaikan, sehingga menghilangkan biaya tersembunyi nonquality.

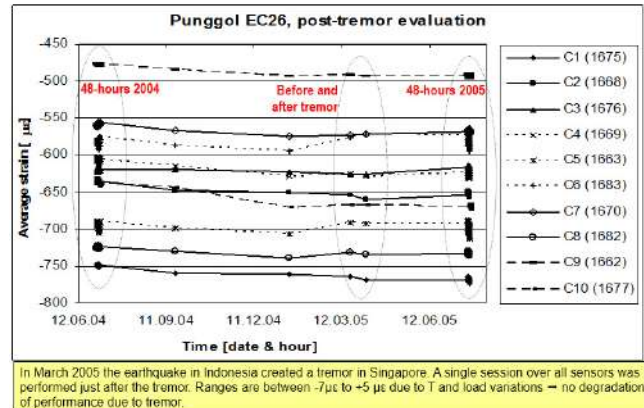


Referensi:

Daniele Inaudi, Branko Glisic, Luca Manetti, "Integrated Systems for Structural Health Monitoring" Disampaikan pada 4th International Conference on Structural Health Monitoring on Intelligent Infrastructure (SHMII-4), 22-24 July 2009, Zurich, Switzerland

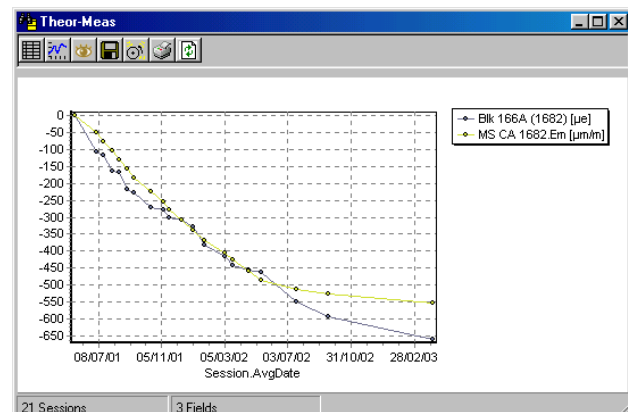
4. Pemantauan memungkinkan manajemen struktural

Data pemantauan dapat digunakan untuk melakukan "Pemeliharaan saat dibutuhkan", mengoptimalkan operasi, pemeliharaan, perbaikan dan penggantian struktur berdasarkan data yang dapat diandalkan dan obyektif.



5. SHMS Meningkatkan Pengetahuan

Pemantauan membantu meningkatkan pengetahuan tentang kinerja material, teknologi dan sistem struktur, untuk mengontrol desain, memverifikasi kinerja, dan untuk membuat dan mengkalibrasi model numerik.



Session AvgDate	Relative Diff: 1682 [1]
05/07/01 09:12:31	0.1242
17/07/01 09:24:47	-0.0089
03/08/01 17:01:55	0.1021
16/08/01 08:05:41	-0.0372
31/08/01 08:00:49	0.0869
13/09/01 17:55:22	-0.0008
15/10/01 08:44:51	0.0194
09/11/01 12:12:07	-0.0654
20/11/01 08:56:44	-0.0607
13/12/01 09:09:18	-0.1206
04/01/02 09:22:28	-0.1363
25/01/02 08:24:42	-0.0636
05/03/02 18:11:13	-0.0713
20/03/02 14:19:53	-0.0608
19/04/02 10:05:40	-0.0891
13/05/02 10:23:32	-0.1251
19/07/02 09:47:05	-0.0110
17/08/02 14:06:22	0.0401
04/04/03 11:13:58	0.1054

6. Pemantauan menemukan cadangan struktural tersembunyi (discovers hidden structural reserves)



RETURN ON INVESTMENT

Jembatan Baru:

Biaya investasi SHMS: 0.5% - 3%

Biaya operasional SHMS selama 10 tahun: 2% – 5%

Penghematan:

- SHMS menjadi display untuk mengetahui cacat pekerjaan kontraktor selama masa garansi
- Menemukan & mengeksekusi kesalahan /cacat pada proses konstruksi, menghindari klaim perbaikan yang terlambat dikenali.
- Memastikan kualitas dengan pemeriksaan/ checking
- Menurunkan biaya perbaikan dan pemeliharaan di masa mendatang.

RESIKO-RESPON & PEMILIHAN SENSOR

Asumsikan bahwa SHMS sudah terinstal pada satu-jembatan yang akan diganti/replacement.

Biaya penggantian jembatan tanpa adanya SHMS: 100%

Biaya investasi SHMS: 3%

- Bagian jembatan yang ditemukan masih OK : 20%
- Bagian jembatan butuh rehabilitasi : 20% dengan biaya penggantian 30%
- Jembatan yang butuh penggantian : 60% dengan perbandingan biaya pembangunan kembali 100%

Biaya pemasangan SHM

- SHMS : 3%
- Perbaikan bagian jembatan yang dapat direhabilitasi: 30% biaya untuk 20% bagian jembatan = 6%
- Penggantian bagian jembatan yang tidak dapat direhabilitasi: 100% biaya untuk 60% jembatan = 60%
- Biaya bagian jembatan yang tidak butuh tindakan apapun : 0% biaya untuk 20% jembatan= 0%
- Total biaya dengan SHMS: 69%

PENGHEMATAN DENGAN SHM: 31% !!!

Resiko / Ketidakpastian	Response / Konsekuensi	Kandidat sensor
Hubungan antara finite element model dan perilaku struktur sebenarnya	Distribusi regangan dan nilai besarnya perbedaan nilai ukuran dibandingkan model	Local strain sensor termasuk strain gauge, vibrating wire, & fiber optic sensor
Strain dinamis karena lalu lintas, angin, gempa bumi, dll	Large strain, fatigue, retakan	Local strain gage, termasuk strain gage, vibrating wire gauge, dan fiber optic sensor, dengan dynamic data acquisition. Distributed fiber optic sensor untuk mendeteksi retak baru, crack meter.
Creep, relaxation of pre-stress	Global deformations, bending	Long-gauge fibre optic strain sensors, settlement gauges, laser distance meters, topography
Perubahan gaya pada kabel	Force and strain redistribution	Load cells: vibrating wire, resistive or fibre optics
Hubungan antara calculated vibration modes dan real behavior	Mode shapes and frequencies different from model	Accelerometers, long-gauge fibre optic strain sensors
Non-working bearings & expansion joints	Reduced movement, movements occur at wrong location, strain redistribution	Joint-meters: potentiometers, vibrating wire or fibre optics
Retak pada beton atau baja	Retak terbuka (crack opening)	Crack-meters: potentiometers, vibrating wire or fibre optics
Perubahan Temperature dan temperature gradients dalam elemen bantalan bearing	Strain redistribution, cracking	Temperature sensors: electrical, fibre optics point sensors or distributed sensors
Differential settlement Diantara piers atau foundations	Global movements, tilting, strain redistribution	Laser distance meters, topography, settlement gauges, tilt-meters
Perubahan water table atau tekanan air pori di sekitar pondasi	Perubahan tekanan air pori	Piezometers: vibrating wire or fibre optics
Stabilitas slope sekitar fondasi dan abutment	Slope sliding	Distributed fibre optic soil stability sensors, laser distance meters
Perubahan lingkungan kimia beton: carbonation, alkali-silica reaction, chlorine penetration	Korosi tulangan	Concrete corrosion and humidity sensors
Environmental conditions	Actions on bridge	Weather station, wind speed measurements
Traffic and overloads	Actions on bridge	Weight-in-motion station, dynamic strain sensors
Skedul konstruksi dan tindakan spesifik	Kesulitan menganalisis data	Webcam, image capture dan arsip



PT TESTINDO

Office: Jl.Radin Inten II No 61B Duren Sawit - Jakarta Timur

Phone: 021-2956-3045 | Whatsapp: 0823-1234-7066

Email: sales@testindo.com | www.testindo.com | www.testindo.co.id