

TESIS

**INVESTIGASI FORENSIC ENGINEERING GETARAN BALOK
GANTUNG PADA GEDUNG KONSER MUSEUM MUSIK DUNIA DI
KOTA BATU**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NAROTAMA
SURABAYA
2025**

**TESIS INI
TELAH DIUJIKAN DAN DIPERTAHANKAN DIHADAPAN TIM
PENGUJI
PADA HARI KAMIS TANGGAL 20 FEBRUARI 2025**

**Judul Tesis : INVESTIGASI FORENSIC ENGINEERING
GETARAN BALOK GANTUNG PADA GEDUNG
KONSER MUSEUM MUSIK DUNIA DI KOTA BATU**

Disusun Oleh : SURJO WIDODO

NIM : 13123004

Fakultas : TEKNIK

Program Studi : MAGISTER TEKNIK SIPIL

Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA

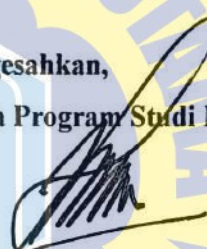
Tim Penguji terdiri:

1. Ketua Penguji

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil,


Dr. Ir. ADI PRAWITO M.M., MT.,


Dr. Ir. KOESPIADI M.T., M.H

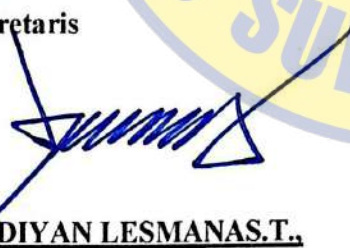
IPM

NIDN: 0701046501

NIDN: 0706056601

2. Sekretaris

**Fakultas Teknik,
Dekan,**


Dr. Ir. DIYAN LESMANAS.T.,
M.M., IPM.


Dr. Ir. ADI PRAWITO M.M., MT., IPM
NIDN: 0706056601

NIDN : 0727107504

3. Anggota


Dr. Ir. KOESPIADI M.T., M.H
NIDN: 0701046501

TESIS
INVESTIGASI FORENSIC ENGINEERING GETARAN BALOK
GANTUNG PADA GEDUNG KONSER MUSEUM MUSIK DUNIA DI
KOTA BATU

Disusun Oleh:

SURJO WIDODO
NIM : 13123004

Diajukan guna memenuhi persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T)
pada Program Studi Magister Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Narotama Surabaya

PRO PATRIA
Surabaya, 20 Pebruari 2025
Mengetahui,
Dosen Pembimbing,


Dr. Ir. KOESPIADI, M.T., M.H
NIDN. 0701046501

TESIS

**INVESTIGASI FORENSIC ENGINEERING GETARAN BALOK
GANTUNG PADA GEDUNG KONSER MUSEUM MUSIK DUNIA DI
KOTA BATU**

Disusun Oleh:

SURJO WIDODO
NIM : 13123004

Penelitian ini telah memenuhi persyaratan dan disetujui untuk diujikan.

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dr. Ir. KOESPIADI M.T., M.H

NIDN : 0701046501

Dr. Ir. ADI PRAWITO M.M., MT., IPM

NIDN : 0706056601

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, Saya:

NAMA : SURJO WIDODO
NIM : 13123004
JUDUL PENELITIAN : INVESTIGASI FORENSIC ENGINEERING
GETARAN BALOK GANTUNG PADA
GEDUNG KONSER MUSEUM MUSIK DUNIA
DI KOTA BATU

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Penelitian ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat Karya/Pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Acuan/Daftar Pustaka.

Apabila ditemukan duatu Jiplakan/Plagiat, maka saya bersedia menerima akibat berupa sanksi Akademis dan sanksi lain yang diberikan oleh yang berwenang sesuai ketentuan peraturan dan perundang – undangan yang berlaku.

Surabaya, 20 Pebruari 2025



Surjo Widodo

NIM: 13123004

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Penelitian tesis saya yang berjudul “INVESTIGASI FORENSIC ENGINEERING GETARAN BALOK GANTUNG PADA GEDUNG KONSER MUSEUM MUSIK DUNIA DI KOTA BATU”. Tesis ini saya ajukan sebagai pelengkap syarat kelulusan Program Studi Magister Teknik Sipil S2 Fakultas Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya. Sebagai manusia, saya menyadari akan adanya keterbatasan, kekurangan dan kesalahan. Namun saya telah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan yang terbaik agar penelitian ini dapat selesai sesuai dengan harapan.

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Arasy Alimudin, SE., MM selaku Ketua Rektor Universitas Narotama
2. Bapak Dr. Ir. Adi Prawito, M.M., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Narotama dan Dosen Pembimbing Kedua Tesis
3. Bapak Dr. Ir. Koespiadi, M.T., M.H selaku Ketua Prodi Magister Teknik Sipil Universitas Narotama dan Dosen Pembimbing Utama Tesis
4. Bapak/Ibu dosen dan staf Universitas Narotama atas dorongan dan bimbingannya untuk Tesis ini.
5. Bapak Paul Sastro Sendjojo selaku Founder dan Komisaris Jatim Park Group yang telah memotivasi dan memberi semangat serta inspirasi yang luar biasa.
6. Istri saya Lilyanawati Dewi dan kedua anak saya Fernando David Susanto dan Christopher Johanes Susanto
7. Kedua Orang Tua, Keluarga dan Saudara – Saudara Saya Tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi saya dan telah banyak memberi dukungan moril maupun materil serta doanya.
8. Seluruh Staf, Direksi dan Management PT. Satria Lestari Nusantara Perkasa dan PT. Maju Batu Bersama (Jatim Park 3) atas dukungan dan bantuannya.
9. Rekan – Rekan sesama mahasiswa Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya dan Semua Pihak yang ikut membantu dalam Penyusunan Penelitian ini.

Harapan saya semoga Penelitian ini dapat memenuhi syarat dan tujuan yang dikehendaki, atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

INVESTIGASI FORENSIC ENGINEERING GETARAN BALOK GANTUNG PADA GEDUNG KONSER MUSEUM MUSIK DUNIA DI KOTA BATU

Surjo Widodo, 13123004
Universitas Narotama Surabaya
Email : ir.suryowidodo@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi fenomena getaran pada balok gantung di Gedung Konser Museum Musik Dunia, Kota Batu, menggunakan pendekatan forensic engineering. Objek penelitian adalah balok gantung yang merupakan elemen struktural utama, dirancang untuk estetika dan fleksibilitas ruang. Metode penelitian melibatkan inspeksi visual, pengukuran parameter getaran, dan analisis data teknis menggunakan standar desain struktural. Hasil penelitian menunjukkan bahwa getaran yang terdeteksi memiliki intensitas rata-rata 8 Hz dengan percepatan 2,2% g, melampaui batas kenyamanan standar sebesar 4 Hz dan 1,5% g. Penyebab utama meliputi fluktuasi beban akibat aktivitas konser, resonansi struktural, serta desain balok yang cenderung fleksibel. Analisis mendalam juga mengungkap risiko kelelahan material, penurunan stabilitas struktural, dan potensi kerusakan interior gedung. Rekomendasi yang diajukan mencakup penguatan struktur dengan bahan peredam getaran, pembatasan kapasitas gedung selama acara, serta pemantauan rutin untuk mendeteksi perubahan pada parameter getaran. Selain itu, perbaikan struktur dengan menambah elemen penguat terbukti mampu mengurangi intensitas getaran secara signifikan. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis untuk pemeliharaan gedung bersejarah dan publik lainnya, sekaligus memperluas penerapan forensic engineering dalam analisis struktural. Kesimpulannya, implementasi langkah-langkah mitigasi yang tepat dapat menjaga integritas struktur dan kenyamanan pengunjung, memastikan fungsi gedung konser tetap optimal sebagai pusat kebudayaan yang signifikan.

Kata Kunci: Forensic Engineering, Balok Gantung, Getaran, Stabilitas Struktural

FORENSIC ENGINEERING INVESTIGATION OF HANGING BEAM VIBRATION AT THE WORLD MUSIC MUSEUM CONCERT HALL IN BATU CITY

Surjo Widodo, 13123004
Narotama University Surabaya
Email : ir.suryowidodo@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to investigate the vibration phenomenon in suspended beams at the World Music Museum Concert Hall, Batu City, using a forensic engineering approach. The object of the study is the suspended beam, which serves as a primary structural element designed for aesthetics and spatial flexibility. The research methods include visual inspection, vibration parameter measurements, and technical data analysis based on structural design standards. The results show that the detected vibrations have an average intensity of 8 Hz with an acceleration of 2.2% g, exceeding the standard comfort limits of 4 Hz and 1.5% g. The primary causes include load fluctuations due to concert activities, structural resonance, and the inherently flexible design of the beam. Further analysis revealed risks of material fatigue, reduced structural stability, and potential damage to the building's interior. Recommendations include structural reinforcement with vibration-damping materials, limiting building capacity during events, and routine monitoring to detect changes in vibration parameters. Additionally, structural improvements through the addition of reinforcement elements have been proven to significantly reduce vibration intensity. This research provides practical contributions to the maintenance of historic and public buildings, while also expanding the application of forensic engineering in structural analysis. In conclusion, the implementation of appropriate mitigation measures can preserve structural integrity and visitor comfort, ensuring the concert hall continues to function optimally as a significant cultural center.

Keywords: Forensic Engineering, Suspended Beam, Vibration, Structural Stability

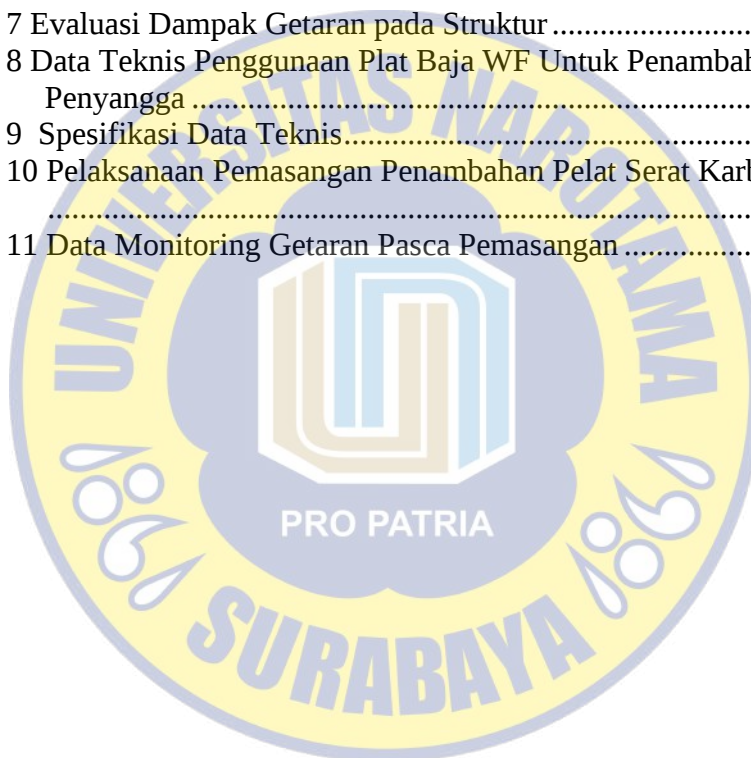
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	10
1.3 Tujuan Penelitian.....	10
1.3.1 Tujuan Umum	10
1.3.2 Tujuan Khusus	10
1.4 Manfaat Penelitian.....	11
1.4.1 Manfaat Teoritis	11
1.4.2 Manfaat Praktis	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Landasan Teori	14
2.1.1 Konsep Forensic Engineering.....	14
2.1.2 Konsep Investigasi Forensic Engineering.....	19
2.1.3 Struktur Bangunan dan Getaran.....	22
2.1.4 Balok Gantung dalam Arsitektur Bangunan.....	25
2.1.5 Analisis Getaran pada Struktur Bangunan.....	29
2.1.6 Penanganan Masalah Getaran pada Bangunan	31
2.2 Penelitian Terdahulu.....	33
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Rancangan Penelitian (<i>Flow Chart</i>) Penelitian	40
3.2 Populasi dan Sampel	41
3.2.1 Populasi Penelitian.....	41
3.2.2 Sampel Penelitian.....	42

3.3	Variabel Penelitian	43
3.4	Instrumen Penelitian.....	44
3.4.1	Alat Penelitian.....	44
3.4.2	Bahan penelitian	45
3.5	Batasan dan Asumsi Penelitian	45
3.5.1	Batasan Penelitian	45
3.5.2	Asumsi Penelitian	46
3.6	Instrumen Penelitian.....	48
3.7	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	49
3.8	Prosedur Pengambilan dan Pengumpulan Data.....	49
3.9	Analisis Data	53
3.9.1	Model Analisis Data.....	53
3.9.2	Teknik Analisis Data.....	54
BAB IV	HASIL PENELITIAN.....	57
4.1	Identifikasi Masalah	57
4.1.1	Pengamatan dan Penilaian Awal.....	57
4.1.2	Pengumpulan Data Lapangan	63
4.2	Penilaian Kerusakan	72
4.2.1	Analisis Penyebab Getaran	72
4.2.2	Identifikasi Potensi Kerusakan.....	73
4.2.3	Evaluasi Dampak Terhadap Struktur	76
4.3	Penyusunan Rekomendasi.....	80
4.3.1	Rekomendasi Perbaikan dan Penanganan.....	80
4.4	Rencana Pemeliharaan.....	103
4.4.1	Pemeriksaan Rutin	103
4.4.2	Perawatan Material.....	105
4.4.3	Monitoring Getaran Pasca Pemasangan.....	106
4.5	Pembahasan Hasil Penelitian.....	111
4.5.1	Identifikasi Masalah	111
4.5.2	Penilaian Kerusakan.....	114
4.5.3	Penyusunan Rekomendasi.....	116
4.5.4	Rencana Pemeliharaan	118
BAB V	PENUTUP.....	120
5.1	Kesimpulan.....	120
5.2	Saran	121
DAFTAR PUSTAKA		122

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	33
Tabel 2. 2 Analisis Data Teknis	89
Tabel 4. 1 Nilai parameter P_o , β , dan limit a_o/g (Steel Design Guide Series, 2003)	61
Tabel 4. 2 Hasil Identifikasi Awal Gedung.....	61
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Getaran Gedung Konser Museum Musik Dunia	64
Tabel 4. 4 Pendokumentasian Riwayat Perawatan dan Pemeliharaan Gedung Konser Museum Musik Dunia di Kota Batu	69
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Penyebab Getaran Gedung Konser Museum Musik Dunia di Kota Batu.....	72
Tabel 4. 6 Analisis Potensi Kerusakan.....	74
Tabel 4. 7 Evaluasi Dampak Getaran pada Struktur	76
Tabel 4. 8 Data Teknis Penggunaan Plat Baja WF Untuk Penambahan Plat Baja Penyangga	82
Tabel 4. 9 Spesifikasi Data Teknis.....	99
Tabel 4. 10 Pelaksanaan Pemasangan Penambahan Pelat Serat Karbon Pultruded	101
Tabel 4. 11 Data Monitoring Getaran Pasca Pemasangan	107



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Gedung Konser Museum Musik Dunia.....	2
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	40
Gambar 4. 1 Desain Gedung Konser Museum Musik Dunia Di Kota Batu	59
Gambar 4. 2 Kurva puncak percepatan yang disarankan untuk kenyamanan manusia terhadap vibrasi menurut Allen dan Murray , 1993; ISO 2631-2, 1989	60
Gambar 4. 3 Data Gaya Tetap (Po)	66
Gambar 4. 4 Frekuensi Getaran (Hz)	67
Gambar 4. 5 Rasio Redaman (β)	68
Gambar 4. 6 Limit Percepatan	69
Gambar 4. 7 Pemasangan Plat Baja Wf Pada Titik-Titik Kritis	84
Gambar 4. 8 Penggunaan Baut Berdaya Tinggi dan Teknik Pengelasan.....	85
Gambar 4. 9 Penggunaan Material Baja Berkualitas Tinggi	86
Gambar 4. 10 Sabuk Baja sebagai Penguatan Lateral.....	92
Gambar 4. 11 Pengikatan dengan Penjepit atau Pengelasan.....	94
Gambar 4. 12 Penggunaan Desain Modular Dalam Pemasangan Sabuk Baja	95
Gambar 4. 13 Gaya tetap.....	108
Gambar 4. 14 Getaran	109
Gambar 4. 15 Rasio Redaman.....	110
Gambar 4. 16 Limit Percepatan	111

