

HERITAGE BUILDING INFORMATION MODELING PADA MITIGASI BENCANA BANGUNAN PUBLIK CAGAR BUDAYA DI BANDUNG

**Inge Teresa Hongdrikus
NRP: 1521036**

Pembimbing: Cindrawaty Lesmana, S.T., M.Sc.(Eng)., Ph.D.

ABSTRAK

Bencana merupakan serangkaian peristiwa alam atau buatan yang menimbulkan dampak negatif seperti kerusakan infrastruktur bangunan publik cagar budaya. Vihara Satya Budhi merupakan salah satu bangunan cagar budaya yang dimiliki Kota Bandung. Bangunan tersebut memiliki nilai sejarah dan budaya yang tinggi sehingga diperlukan adanya konservasi seperti mitigasi bencana. Berdasarkan permasalahan yang ada, terdapat tantangan untuk waspada akan bencana namun tetap melestarikan bangunan-bangunan publik cagar budaya. Tindakan yang dapat menjawab tantangan tersebut adalah teknologi *Heritage Building Information Modeling* (H-BIM).

Tujuan penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah mengaplikasikan H-BIM untuk bangunan cagar budaya, mengimplementasikan mitigasi bencana, melakukan analisis kekuatan maupun kekakuan bangunan cagar budaya terhadap beban gravitasi dan beban angin serta melakukan penanganan untuk titik-titik bahaya yang terdapat di bangunan cagar budaya.

Dari penelitian ini diketahui bahwa teknologi H-BIM mampu untuk melakukan pemodelan bangunan serta memiliki keunggulan menyimpan *database* bangunan. *Database* ini berupa data *properties*, data analisis struktural, dan foto atau gambar dari material struktur maupun material arsitektur. Selain itu, teknologi H-BIM memiliki akses dengan program analisis struktur sehingga dapat dianalisis kembali kekuatannya. Dari hasil analisis struktur diketahui bahwa nilai lendutan pada struktur masih memenuhi syarat lendutan izin serta seluruh balok dan kolom Vihara Satya Budhi telah memenuhi persyaratan SNI 7973-2013. Sementara itu tindakan penanganan yang dilakukan untuk menangani titik-titik bahaya Vihara Satya Budhi adalah dengan merencanakan letak titik kumpul yang dapat menampung 390 orang. Perencanaan titik kumpul ini telah memenuhi persyaratan dari *National Fire Protection Association* (NFPA) 101 Tahun 2000.

Kata kunci: *Heritage Building Information Modeling*, mitigasi bencana, cagar budaya

HERITAGE BUILDING INFORMATION MODELING ON DISASTER MITIGATION FOR PUBLIC BUILDINGS IN BANDUNG

**Inge Teresa Hongdrikus
NRP: 1521036**

Supervisor: Cindrawaty Lesmana, S.T., M.Sc.(Eng)., Ph.D.

ABSTRACT

Disaster is a series of natural or artificial events that can have negative impacts such as damage to cultural heritage building and infrastructure. Satya Budhi Temple is one of the cultural heritage buildings Bandung city. The building has a high historical and cultural values, so the conservation effort is required in developing disaster mitigation. How to prevent from disaster in preserving cultural building is one of the current challenges. One of the method is Heritage Building Information Modeling (H-BIM).

The research objectives are to use H-BIM technology in implementing disaster mitigation, analyze the strength and rigidity of cultural heritage buildings due to gravitational and wind loads, and identify the critical areas found in the buildings. The results show that H-BIM technology is capable of modeling buildings and has the advantage of storing building databases. This database is in the form of data properties, structural analysis data, and photos or images of architectural and structural materials. In addition, H-BIM has access to structural analysis programs so that they can be re-analyzed without redraw the model. From the results of the structural analysis, the deflection values still meet the requirements. Besides, all the beams and columns of Satya Budhi Temple have fulfilled the requirements of SNI 7973-2013 for wood structure buildings. Meanwhile, the identification of the critical areas of the Satya Budhi Temple has been used to plan the location of the gathering point based on the National Fire Protection Association (NFPA) 101 of 2000 that that can accommodate 390 people.

Keywords: *Heritage Building Information Modeling, disaster mitigation, heritage building*

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bangunan Cagar Budaya	6
2.2 Mitigasi Bencana	9
2.3 <i>Heritage Building Information Modeling</i>	12
2.3.1 <i>Revit</i>	14
2.3.2 <i>Robot Structural Analysis</i>	15
2.4 Struktur Kayu	15
2.4.1 Metode Desain Kayu	19
2.4.2 Kolom	21
2.4.3 Balok	23
2.5 Pembebanan	26
2.6 <i>Masonry Wall</i>	33
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Diagram Alir Penelitian	34
3.2 Data Bangunan Cagar Budaya	35
3.3 Pemodelan Bangunan	64
BAB IV ANALISIS DATA	101
4.1 Hasil Analisis Struktur	101
4.1.1 Reaksi Perletakkan	101
4.1.2 Gaya Dalam	103
4.1.3 Lendutan	107
4.2 Identifikasi Kekuatan Struktur	109
4.2.1 Pembahasan Kekuatan Kolom	109
4.2.2 Pembahasan Kekuatan Balok	117
4.2.3 Pembahasan Sambungan Kolom Balok	129
4.3 Pembahasan Aplikasi H-BIM dengan Program <i>Revit</i>	131

4.3.1 Pembahasan Pemodelan Bangunan	131
4.3.2 Pembahasan Nilai <i>Properties</i> Elemen Bangunan	133
4.4 Pembahasan Mitigasi Bencana	137
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	148
5.1 Kesimpulan	148
5.2 Saran	149
DAFTAR PUSTAKA	150
LAMPIRAN	153



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Vihara Satya Budhi	1
Gambar 2.1 Siklus Manajemen Bencana	10
Gambar 2.2 Sumbu Utama Material Kayu	16
Gambar 2.3 Rasio Kelangsingan Kolom	23
Gambar 2.4 Koefisien Tekanan Eksternal Bangunan Gedung	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.2 Lokasi Vihara Satya Budhi Via <i>Google Maps</i>	36
Gambar 3.3 Lokasi Vihara Satya Budhi Via <i>Google Earth</i>	36
Gambar 3.4 Tampak Depan Vihara Satya Budhi	37
Gambar 3.5 <i>Site Plan Zoom Out</i> Vihara Satya Budhi	37
Gambar 3.6 <i>Site Plan Zoom In</i> Vihara Satya Budhi	38
Gambar 3.7 Denah Vihara Satya Budhi	38
Gambar 3.8 Potongan A-A, B-B, E-E Vihara Satya Budhi	39
Gambar 3.9 Potongan C-C,D-D, Tampak Vihara Satya Budhi	39
Gambar 3.10 Denah Kolom Vihara Satya Budhi	40
Gambar 3.11 Denah Penamaan Balok	44
Gambar 3.12 Posisi dan Denah Atap 1 pada Bangunan	51
Gambar 3.13 Posisi dan Denah Atap 2 pada Bangunan	53
Gambar 3.14 Posisi dan Denah Atap 3 pada Bangunan	56
Gambar 3.15 Posisi dan Denah Atap 4 pada Bangunan	58
Gambar 3.16 Titik-titik Bahaya Vihara Satya Budhi	63
Gambar 3.17 Tampilan Ikon <i>Software Revit</i>	64
Gambar 3.18 Tampilan Awal Program <i>Revit</i>	64
Gambar 3.19 Pemilihan <i>Template File</i>	65
Gambar 3.20 Tampilan <i>Construction Template</i>	65
Gambar 3.21 Tampilan <i>Grid</i>	66
Gambar 3.22 Penggunaan <i>Grid</i>	66
Gambar 3.23 Hasil Pembuatan <i>Grid</i>	67
Gambar 3.24 Tampilan Pemodelan <i>Level</i>	67
Gambar 3.25 Tampilan <i>Elevation East</i>	68
Gambar 3.26 Pemodelan <i>Level</i>	68
Gambar 3.27 Langkah Pemodelan <i>Level</i>	69
Gambar 3.28 Pemodelan Kolom pada <i>Structural Plan</i>	69
Gambar 3.29 Tampilan <i>Structure Tab</i>	70
Gambar 3.30 Pemodelan Kolom	70
Gambar 3.31 <i>Load Family</i>	71
Gambar 3.32 Pemodelan Kolom Vertikal	71
Gambar 3.33 Pemodelan Ketinggian Kolom	71
Gambar 3.34 <i>Tools</i> Pemodelan Kolom	72
Gambar 3.35 Penempatan Kolom	72
Gambar 3.36 Pengaturan Material Kolom	73
Gambar 3.37 Tampilan <i>Properties</i>	73
Gambar 3.38 Pemilihan <i>Plans</i> pada Pemodelan Balok	74
Gambar 3.39 Pemodelan Balok pada <i>Structure Tab</i>	74
Gambar 3.40 Pemodelan <i>Load Family</i>	75

Gambar 3.41 Pemilihan <i>Load Family</i>	75
Gambar 3.42 Penempatan Balok	76
Gambar 3.43 Pemodelan Balok	76
Gambar 3.44 Pengaturan <i>Type Properties</i> Balok	77
Gambar 3.45 <i>Type Properties</i> pada Balok	77
Gambar 3.46 Pemodelan Dinding	78
Gambar 3.47 Langkah Pemodelan Dinding	78
Gambar 3.48 <i>Tools</i> pada Pemodelan Dinding	79
Gambar 3.49 <i>Type Properties</i> pada Dinding	79
Gambar 3.50 Material Dinding	80
Gambar 3.51 Pemodelan Pelat Lantai	80
Gambar 3.52 <i>Tools</i> Pemodelan Pelat Lantai	81
Gambar 3.53 Langkah Pemodelan Pelat Lantai	81
Gambar 3.54 Hasil Pemodelan Pelat Lantai	82
Gambar 3.55 Pengaturan Material Pelat Lantai	82
Gambar 3.56 Pemodelan Atap	83
Gambar 3.57 Pemodelan Atap dengan <i>Roof</i>	83
Gambar 3.58 <i>Tools</i> Pemodelan Atap	84
Gambar 3.59 Hasil Pemodelan Atap	84
Gambar 3.60 Pemodelan Atap dengan <i>Floor</i>	84
Gambar 3.61 <i>Shape Editing</i> dengan <i>Add Point</i>	85
Gambar 3.62 <i>Shape Editing</i> dengan <i>Split Line</i>	85
Gambar 3.63 <i>Modify Split Line</i>	86
Gambar 3.64 Hasil Pemodelan Atap dengan <i>Floor</i>	86
Gambar 3.65 Parameter-parameter Atap	86
Gambar 3.66 Pemodelan Pintu	87
Gambar 3.67 Daftar Ukuran dan Jenis Pintu	87
Gambar 3.68 Pemodelan Pintu	87
Gambar 3.69 Parameter Pintu	88
Gambar 3.70 <i>Insert</i> Komponen Arsitektur	88
Gambar 3.71 Pemodelan <i>Analysis</i>	89
Gambar 3.72 <i>Load Cases</i>	89
Gambar 3.73 <i>Input Load Cases</i>	90
Gambar 3.74 Pemodelan Pembebanan	90
Gambar 3.75 Pemodelan Beban	91
Gambar 3.76 Pemodelan Rangka Struktur	91
Gambar 3.77 Pengaturan <i>Visibility</i>	92
Gambar 3.78 Pengaturan <i>Analytical Model</i>	92
Gambar 3.79 Pemodelan <i>Analytical Model</i>	92
Gambar 3.80 Pemodelan Pembebanan	93
Gambar 3.81 Pemodelan Perletakkan	93
Gambar 3.82 <i>Structural Settings</i>	93
Gambar 3.83 <i>Boundary Conditions</i>	94
Gambar 3.84 <i>Boundary Conditions Settings</i>	94
Gambar 3.85 Pemodelan <i>Boundary Conditions</i>	94
Gambar 3.86 Kondisi dan Jenis Perletakkan	95
Gambar 3.87 Pemodelan Perletakkan Kolom	95
Gambar 3.88 Pemodelan Perletakkan Dinding	96

Gambar 3.89 Hasil Pemodelan Perletakkan pada Dinding	96
Gambar 3.90 Analisis Menggunakan <i>Robot Structural Analysis</i>	96
Gambar 3.91 Pengaturan Integrasi dengan Program <i>Robot</i>	97
Gambar 3.92 Tampilan <i>Send Option</i>	97
Gambar 3.93 Tampilan pada Program <i>Robot</i>	98
Gambar 3.94 Tampilan <i>Structural Revit</i> dengan <i>Robot</i>	98
Gambar 3.95 Kombinasi Pembebanan	98
Gambar 3.96 Tampilan Kombinasi	99
Gambar 3.97 Kombinasi Pembebanan Beban Angin	99
Gambar 3.98 <i>Run Analysis</i>	100
Gambar 4.1 Tampilan Reaksi Perletakkan	101
Gambar 4.2 Denah Kolom Vihara Satya Budhi	102
Gambar 4.3 Hasil Reaksi Perletakkan Kolom K9 Akibat Beban Hidup	103
Gambar 4.4 Gaya Dalam pada Program <i>Robot</i>	103
Gambar 4.5 Posisi Kolom K9	104
Gambar 4.6 Hasil Gaya Normal pada Kolom K9	104
Gambar 4.7 Letak Balok B22	105
Gambar 4.8 Hasil Gaya Lintang pada Balok B22	106
Gambar 4.9 Hasil Gaya Dalam Momen pada Balok B22	107
Gambar 4.10 Lendutan pada Program <i>Robot Structural</i>	108
Gambar 4.11 Hasil Lendutan Balok B36 dengan Program <i>Robot Structural</i>	108
Gambar 4.12 Bentuk Sambungan Vihara Satya Budhi	130
Gambar 4.13 Pemodelan Bangunan dengan Program <i>Revit</i>	131
Gambar 4.14 Langkah Pemodelan Vihara Satya Budhi dengan Program <i>Revit</i>	132
Gambar 4.15 Ukuran Elemen Struktur dan Elemen Arsitektur	133
Gambar 4.16 Material Elemen Struktur dan Elemen Arsitektur	134
Gambar 4.17 Data Struktural Analisis Elemen Struktur	135
Gambar 4.18 Identifikasi Data pada Elemen Struktural	135
Gambar 4.19 Parameter pada Elemen Arsitektur	136
Gambar 4.20 Foto pada Elemen Bangunan	136
Gambar 4.21 Denah Titik-titik Bahaya pada Vihara Satya Budhi	138
Gambar 4.22 Jalur Pengunjung pada Vihara Satya Budhi	140
Gambar 4.23 Jalur Evakuasi dan Titik Kumpul	144
Gambar 4.24 Luas Titik Kumpul dan Jarak Bangunan ke Titik Kumpul	145
Gambar 4.25 Perencanaan Titik Kumpul dengan Akses Langsung ke Parkiran	146
Gambar 4.26 Area Kendaraan Penanggulangan Bahaya	147

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Bencana	9
Tabel 2.2 Program Berbasis <i>Building Information Modeling</i>	13
Tabel 2.3 Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur	18
Tabel 2.4 Kombinasi Beban DFBK dan Faktor Efek Waktu	20
Tabel 2.5 Faktor Ketahanan Metode LRFD	21
Tabel 2.6 Faktor Arah Angin, K_d	27
Tabel 2.7 Faktor Elevasi Permukaan Tanah, K_e	29
Tabel 2.8 Koefisien Eksposur Tekanan Kecepatan, K_h dan K_z	30
Tabel 2.9 Koefisien Tekanan Internal GC_{pi}	32
Tabel 2.10 Koefisien Tekanan Eksternal, GC_{pf}	33
Tabel 3.1 Data Material Kolom	41
Tabel 3.2 Data Material Balok Vihara Satya Budhi	45
Tabel 3.3 Perhitungan Beban Mati Tambahan pada Atap 1	52
Tabel 3.4 Perhitungan Beban Hidup pada Atap 1	52
Tabel 3.5 Perhitungan Beban Mati Tambahan pada Atap 2	54
Tabel 3.6 Perhitungan Beban Hidup pada Atap 2	55
Tabel 3.7 Perhitungan Beban Mati Tambahan pada Atap 3	57
Tabel 3.8 Perhitungan Beban Hidup pada Atap 3	57
Tabel 3.9 Perhitungan Beban Mati Tambahan pada Atap 4	59
Tabel 3.10 Perhitungan Beban Hidup pada Atap 4	59
Tabel 3.11 Kecepatan Rata-rata Angin	60
Tabel 3.12 Nilai GC_{pf}	62
Tabel 3.13 Hasil Perhitungan Koefisien Angin	62
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Stabilitas Kolom	110
Tabel 4.2 Perhitungan Nilai Tekan Acuan untuk Kolom K1	112
Tabel 4.3 Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas Minimum untuk Kolom K1	113
Tabel 4.4 Hasil Analisis Kekuatan Aksial Kolom Vihara Satya Budhi	115
Tabel 4.5 Penentuan Panjang Efektif Balok B4	118
Tabel 4.6 Perhitungan Nilai Desain Lentur Acuan Balok B4	118
Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas Minimum untuk Balok B4	119
Tabel 4.8 Hasil Analisis Kapasitas Momen Lentur Balok Vihara Satya Budhi	122
Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Geser Acuan untuk Balok B4	124
Tabel 4.10 Hasil Analisis Kapasitas Geser Balok Vihara Satya Budhi	126
Tabel 4.11 Data Titik Bahaya	138
Tabel 4.12 Perencanaan Jalur Evakuasi dan Titik Kumpul	141

DAFTAR NOTASI

A	Luas penampang
A_g	Luas bruto dinding di mana A_o berada
A_{gi}	Jumlah luas permukaan bruto dari amplop bangunan gedung (dinding dan atap) tidak termasuk A_g
A_o	Luas total bukaan pada suatu dinding yang menerima tekanan eksternal positif
A_{oi}	Jumlah luas bukaan pada amplop bangunan gedung (dinding dan atap) tidak termasuk A_o
b	Lebar komponen struktur lentur persegi panjang
C_F	Faktor ukuran untuk kayu gergajian
C_{fu}	Faktor penggunaan rebah
C_i	Faktor tusuk untuk kayu dimensi
C_L	Faktor stabilitas balok
C_M	Faktor layan basah
C_P	Faktor stabilitas kolom
C_T	Faktor kekakuan tekuk untuk kayu dimensi
C_t	Faktor temperatur
d	Tinggi komponen struktur lentur
E	Modulus elastisitas acuan
E'	Modulus elastisitas terkoreksi
E_{min}	Modulus elastisitas acuan untuk perhitungan stabilitas balok dan kolom
E_{min}'	Modulus elastisitas terkoreksi untuk perhitungan stabilitas balok dan kolom
F_b	Nilai desain acuan lentur
F_b^*	Nilai desain lentur acuan dikalikan dengan semua faktor koreksi yang berlaku kecuali C_L
F_b'	Nilai desain terkoreksi lentur
F_c	Nilai desain tekan sejajar serat acuan
F_c^*	Nilai desain tekan acuan sejajar serat dikalikan dengan semua faktor koreksi kecuali C_P
F_c'	Nilai desain tekan sejajar serat terkoreksi
$F_{c\perp}$	Nilai desain tekan tegak lurus serat acuan
F_{cE}	Nilai desain tekuk kritis untuk komponen struktur tekan
F_{rt}	Nilai desain tarik radial acuan
F_t	Nilai desain tarik sejajar serat acuan
F_v	Nilai desain geser acuan
F_δ	Nilai desain tumpu bersudut
GC_{pf}	Perkalian koefisien tekanan eksternal ekuivalen dan faktor efek hembusan angin yang digunakan dalam menentukan beban angin untuk SPGAU dari bangunan gedung bertingkat rendah
GC_{pi}	Perkalian koefisien tekanan internal dan faktor efek hembusan angin yang digunakan dalam menentukan beban angin untuk bangunan gedung

H	Tinggi rata-rata atap bangunan gedung atau tinggi struktur-struktur lain, kecuali tinggi bagian terbawah atap yang digunakan untuk sudut atap θ yang kurang dari atau sama dengan 10°
K_1, K_2, K_3	Pengali untuk memperoleh K_{zt}
K_d	Faktor arah angin
K_e	Faktor elevasi permukaan tanah
K_e	Koefisien panjang tekuk untuk komponen struktur tekan
K_F	Faktor konversi format
K_h	Koefisien eksposur tekanan velositas pada ketinggian h
K_z	Koefisien eksposur tekanan velositas pada ketinggian z
K_{zt}	Faktor topografi
L	Panjang bentang untuk komponen struktur lentur
L	Jarak antara titik-titik tumpuan lateral komponen struktur tekan
l	Panjang bentang komponen struktur tekan
l	Jarak antara titik-titik tumpuan lateral komponen struktur tekan
l_e	Panjang efektif komponen kolom atau balok
l_u	Panjang bentang tak tertumpu lateral komponen struktur lentur
M	Momen lentur maksimum
ϕ	Faktor ketahanan
q_h	Tekanan velositas pada ketinggian h atau ketinggian z
q_z	Tekanan velositas pada tinggi z di atas tanah
R_B	Rasio kelangsingan komponen struktur lentur
S	Modulus penampang
V	Kecepatan angin dasar
V	Gaya geser
V_r	Geser desain acuan
V_r	Geser desain terkoreksi
z	Tinggi di atas elevasi tanah
θ	Sudut bidang atap terhadap horizontal
λ	Faktor efek waktu
Φ_b	Faktor ketahanan komponen lentur
Φ_c	Faktor ketahanan komponen tekan sejajar serat
Φ_t	Faktor ketahanan komponen tarik sejajar serat
Φ_v	Faktor ketahanan komponen geser
Φ_z	Faktor ketahanan sambungan
Φ_δ	Faktor ketahanan tumpu bersudut

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Denah Vihara Satya Budhi	153
Lampiran L.2 Faktor Koreksi Struktur Kayu	154
Lampiran L.3 Kategori Risiko Bangunan Beban Angin	160
Lampiran L.4 Hasil Reaksi Perletakkan	162
Lampiran L.5 Hasil Gaya Dalam	169
Lampiran L.6 Hasil Lendutan	201
Lampiran L.7 Katalog PT. Pundarika Atma Semesta	213

