

**PERANCANGAN STRUKTUR KUBAH GEODESIK BAJA
SEBAGAI HUNIAN SEMI PERMANEN KORBAN BENCANA ALAM**

Laporan Tugas Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :
CHRISTIANTO CHANDRA KUSUMA
NPM : 10 02 13627



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA, AGUSTUS 2014**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Christianto Chandra Kusuma

No Mhs : 10 02 13627

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

PERANCANGAN STRUKTUR KUBAH GEODESIK BAJA SEBAGAI HUNIAN SEMI PERMANEN KORBAN BENCANA ALAM

benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, Agustus 2014

Yang membuat pernyataan



(Christianto Chandra Kusuma)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PERANCANGAN STRUKTUR KUBAH GEODESIK BAJA SEBAGAI HUNIAN SEMI PERMANEN KORBAN BENCANA ALAM

Oleh:

CHRISTIANTO CHANDRA KUSUMA

NPM : 10 02 13627

Telah disetujui oleh pembimbing

Yogyakarta, 15-08-2014

Pembimbing:



(Ir. Agt. Wahjono, M.T.)

Disahkan oleh:

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



FAKULTAS
TEKNIK

(Ir. Muhammad Sudjati, S.T., M.T.)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PERANCANGAN STRUKTUR KUBAH GEODESIK BAJA SEBAGAI HUNIAN SEMI PERMANEN KORBAN BENCANA ALAM



Oleh :

CHRISTIANTO CHANDRA KUSUMA

NPM. : 10 02 13627

Telah diuji dan disetujui oleh

Nama	Tanda tangan	Tanggal
Ketua : Ir. Agt. Wahjono, M.T.		15/08'14
Sekretaris : Dr. Ir. AM. Ade Lisantono		15/8/2014
Anggota : J. Januar Sudjati, S.T., M.T.		15/8-14



The only difference between screwing around and science, is writing it down
-Adam Savage

Most of my advances were by mistakes. You uncover what is when you get
rid of what isn't.

- Richard Buckminster Fuller

KATA HANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, bimbingan, dan perlindungan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis berharap melalui penulisan tugas akhir ini dapat menambah dan memperdalam ilmu pengetahuan dalam bidang Teknik Sipil baik oleh penulis maupun pihak lain.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis telah mendapat banyak bimbingan, bantuan, dan dorongan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. J. Januar Sudjati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng., selaku Koordinator Tugas Akhir Peminatan Studi Struktur Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Ir. Agt. Wahjono, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mengajar dan membagikan ilmunya kepada penulis.

6. Kedua orang tua, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Titis Rum Kuntari yang selalu memberikan semangat dan nasehat dalam penulisan tugas akhir ini.
8. Teman-teman satu program studi khususnya Fransiskus Xaverius Aan untuk bantuan yang telah diberikan selama ini.
9. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan bantuan berupa kritik dan saran yang membangun.

Yogyakarta, Agustus 2014

Christianto Chandra Kusuma
NPM.: 10 02 13627

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA HANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiii
INTISARI	xv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Keaslian Tugas Akhir	4
1.5. Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1. Kubah Geodesik	5
2.1.1. Kubah Geodesik Tipe 3V	7
2.1.2. Penopang Kubah Geodesik Tipe 3V 3/8	7
2.2. Distribusi Beban Kubah Geodesik	10
2.3. Kelebihan dari Struktur Kubah Geodesik.....	11
2.4. Pembebanan Struktur.....	12
 BAB III LANDASAN TEORI.....	 14
3.1. Analisis Penopang	14
3.1.1. Batas Kelangsingan	14
3.1.2. Komponen Struktur Tekan	16
3.1.3. Komponen Struktur Tarik.....	17
3.2. Analisis Sambungan	19
3.2.1. Kuat Baut.....	19
3.2.2. Tata Letak Baut.....	20
3.3. Kombinasi Pembebanan	21
3.4. Beban Hidup	22
3.5. Beban Angin	22
3.6. Wilayah dan Analisis Pembebanan Gempa.....	24
3.6.1. Wilayah Gempa	24
3.6.2. Beban Gempa Statik Ekuivalen	24

3.6.3. Waktu Getar Alami Fundamental	25
3.7. Kinerja Struktur Bangunan.....	26
3.7.1. Kinerja Batas Layan	26
3.7.2. Kinerja Batas Ultimit.....	26
BAB IV PERANCANGAN STRUKTUR	28
4.1. Estimasi Dimensi Struktur.....	28
4.1.1. Panjang Penopang.....	28
4.1.2. Diameter Penopang.....	29
4.1.3. Diameter Baut Sambungan	31
4.2. Pembagian Sambungan.....	32
4.2.1. Luas Penampang	33
4.2.2. Sudut Kemiringan	38
4.2.3. Denah Definisi Sambungan	40
4.3. Beban Hidup	41
4.4. Beban Mati	42
4.4.1. Beban Struktur	42
4.4.2. Beban Penutup	43
4.5. Beban Angin.....	45
4.5.1. Koefisien Angin.....	45
4.5.2. Zona Tekanan Angin	46
4.5.3. Beban Angin pada Sambungan.....	47
BAB V ANALISIS STRUKTUR DAN PEMBAHASAN	54
5.1. Analisis Beban Gempa	54
5.1.1. Berat Struktur.....	54
5.1.2. Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental.....	54
5.1.3. Faktor Respons Gempa.....	55
5.1.4. Beban Gempa Statik Ekuivalen	55
5.1.5. Analisa Terhadap T Rayleigh	56
5.2. Kinerja Struktur	61
5.2.1. Kinerja Batas Layan	61
5.2.2. Kinerja Batas Ultimit.....	61
5.3. Penopang Struktur	62
5.3.1. Penopang Struktur Tekan	64
5.3.2. Penopang Struktur Tarik.....	65
5.4. Sambungan Struktur	67
5.4.1. Dimensi dan Kuat Rencana Baut.....	69
5.4.2. Dimensi Sambungan Pada Penopang	70
5.5. Hasil Perancangan Struktur	71
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	74
6.1. Kesimpulan.....	74
6.2. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77

DAFTAR TABEL

NO	No Tabel	Nama Tabel	Hal.
1	3.1	Nilai faktor panjang tekuk dengan ujung-ujung ideal	15
2	3.2	Jarak tepi minimum	20
3	4.1	Panjang penopang	28
4	5.1	Hitungan berat struktur	54
5	5.2	Gaya gempa struktur per tingkat	56
6	5.3	Analisa T Rayleigh pada arah sumbu x	57
7	5.4	Analisa T Rayleigh pada arah sumbu y	57
8	5.5	Cek ulang gaya gempa struktur per tingkat	59
9	5.6	Cek ulang analisa T Rayleigh pada arah sumbu x	59
10	5.7	Cek ulang analisa T Rayleigh pada arah sumbu y	60
11	5.8	Kinerja batas layan arah sumbu x dan y	61
12	5.9	Kinerja batas ultimit arah sumbu x dan y	62
13	5.10	Kebutuhan material penopang	71
14	5.11	Kebutuhan material sambungan	72

DAFTAR GAMBAR

NO	No Gambar	Nama Gambar	Hal.
1	2.1	Bidang isocahedron	5
2	2.2	Pembagian rangka segitiga	6
3	2.3	Tipe kubah geodesik	6
4	2.4	Kubah geodesik tipe 3V 3/8, tipe 3V 5/8, dan bola geodesik 8/8	7
5	2.5	Tiga tipe garis pada bola sepak	8
6	2.6	Sambungan baut penopang baja profil pipa	9
7	2.7	Tambahan panjang sambungan pada penopang	9
8	2.8	Sudut sambungan pada penopang	9
9	2.9	Distribusi beban rangka segitiga	10
10	2.10	Distribusi beban kubah geodesik	10
11	3.1	Koefisien angin menurut Pasal 2.1.3.3	23
12	3.2	Respon spektrum gempa wilayah 5	24
13	4.1	Struktur kubah geodesik rencana	32
14	4.2	Letak tumpuan pada struktur kubah geodesik	32
15	4.3	Rangka segitiga A dan rangka segitiga C	33
16	4.4	Tujuh tipe sambungan struktur kubah geodesik	34
17	4.5	Luas penampang sambungan struktur kubah geodesik	35
18	4.6	Sudut kemiringan sambungan struktur kubah geodesik	38
19	4.7	Denah definisi sambungan struktur kubah geodesik	40
20	4.8	Koefisien angin atap lengkung	45
21	4.9	Aliran laminar angin pada bola sepak	46
22	4.10	Zona tekanan angin struktur kubah geodesik	47
23	5.1	Diagram gaya aksial pada penopang D35 dan D105	62
24	5.2	Diagram gaya aksial pada penopang D16 dan D18	63
25	5.3	Gaya aksial pada sambungan 28 serta letak sambungan pada struktur	67
26	5.4	Gaya yang terjadi pada bidang geser baut	68
27	5.5	Contoh dimensi sambungan pada penopang C	70
28	5.6	Dimensi penopang A	72
29	5.7	Dimensi penopang B	72
30	5.8	Dimensi penopang C	73

DAFTAR LAMPIRAN

NO	No Lampiran	Nama Lampiran	Hal.
1	1	Spesifikasi baja profil pipa	78
2	2	Spesifikasi baut, mur, dan ring plat	79
3	3	Tampak depan	83
4	4	Tampak atas	84
5	5	Denah	85
6	6	<i>Input</i> ETABS 9	86
7	7	<i>Output</i> beban ETABS 9	88
8	8	<i>Output</i> simpangan ETABS 9	96
9	9	<i>Output</i> cek ulang simpangan ETABS 9	101

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

A	= luas penampang
A_e	= luas penampang efektif
A_g	= luas penampang bruto
A_{nt}	= luas penampang neto
C_1	= nilai faktor respons gempa
C_t	= nilai parameter periode pendekatan
D	= beban mati
d	= diameter
d_b	= diameter baut nominal pada daerah tak berulir
di	= simpangan horisontal lantai
E	= modulus elastisitas baja
E	= beban gempa
F_i	= gaya akibat gempa
f_{cr}	= tegangan kritis penampang
f_u	= tegangan tarik putus
f_u^b	= tegangan tarik putus baut
f_y	= tegangan leleh
g	= percepatan gravitasi
H	= beban hujan
h	= tinggi bangunan
h_i	= tinggi tingkat
I	= momen inersia
I	= faktor keutamaan gedung
k_c	= faktor panjang tekuk
L	= panjang
L	= beban hidup
L_a	= beban hidup pada atap selama perawatan
L_k	= panjang efektif
n	= jumlah
r	= jari-jari girasi
N_n	= kuat tekan nominal komponen struktur
N_u	= beban terfaktor
P	= beban tepusat
R	= faktor reduksi gempa
R_d	= kuat rencana
R_n	= kuat nominal
T_1	= waktu getar alami fundamental
r_1	= 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser
r_1	= 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser
t	= tebal penampang
t_p	= tebal pelat
U	= faktor reduksi



V	= gaya geser dasar nominal
V_d	= kuat geser rencana baut
V_n	= kuat geser nominal baut
W	= beban angin
W_i	= berat struktur tingkat ke-i
W_t	= berat total gedung
x	= nilai parameter perioda pendekatan
$\underline{x}$	= eksentrisitas sambungan
z_i	= gaya akibat gempa
ϕ	= faktor reduksi kekuatan
ϕ_f	= faktor reduksi kekuatan untuk fraktur
ϕ_n	= faktor reduksi
ω	= koefisien
Δs	= simpangan antar tingkat
ζ	= koefisien waktu getar alami
ξ	= faktor pengali
ρ	= massa jenis
λ	= perbandingan kelangsingan
λ_c	= parameter kelangsingan kolom

INTISARI

PERANCANGAN STRUKTUR KUBAH GEODESIK BAJA SEBAGAI HUNIAN SEMI PERMANEN KORBAN BENCANA ALAM, Christianto Chandra Kusuma, NPM 10.02.13627, tahun 2014, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Indonesia dapat dikategorikan sebagai negara dengan potensi bencana alam yang cukup besar. Pada proses evakuasi, korban bencana alam membutuhkan tempat tinggal sementara hingga situasi memungkinkan untuk kembali ke daerah asal saat paska bencana alam. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang hunian sementara untuk korban bencana alam berupa struktur kubah geodesik yang sesuai dengan persyaratan Standar Nasional Indonesia. Struktur kubah geodesik yang dirancang adalah sebuah kubah geodesik dengan diameter 10 m. Dimensi riil dari struktur kubah geodesik tersebut adalah diameter 9,7327 m dengan tinggi pusat 4,1418 m.

Struktur dirancang pada wilayah gempa 5 dengan jenis tanah lunak, direncanakan dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Elemen struktur yang dirancang adalah penopang struktur serta sambungan antar penopang. Material yang digunakan berupa baja profil pipa dengan mutu $f_u = 330$ MPa, $f_y = 205$ MPa, dan baut A-2 *Stainless* dengan mutu $f_u = 500$ MPa, $f_y = 210$ MPa. Spesifikasi baja profil pipa diambil dari Gunung Steel pada tabel ASTM A 53 (A), dan spesifikasi baut, mur, dan ring plat diambil dari *boltdepot.com*. Perancangan mengacu pada SNI 03-1729-2002, SNI 03-1726-2002, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983. Beban-beban yang dianalisis meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Struktur direncanakan dengan bantuan program ETABS 9.

Hasil perancangan struktur yang diperoleh adalah dimensi dari penopang baja profil pipa dan dimensi dari baut sambungan. Dimensi penopang struktur berupa baja profil pipa 1 $\frac{1}{4}$ inci dengan diameter luar 42,2 mm dan ketebalan 3,56 mm. Sambungan penopang yang digunakan adalah baut A-2 *Stainless* berdiameter 8 mm dengan lubang baut 10 mm.

Kata kunci: kubah, geodesik, baja, pipa, baut.