

ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN KAYU DI LEPAS PANTAI BERDASARKAN *EUROCODE* DAN *NDS*

**ROYSANDRO THOMAS
NRP: 0921025**

Pembimbing: Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

ABSTRAK

Penentuan lokasi merupakan pertimbangan yang cukup penting ketika hendak membangun sebuah bangunan komersil. Seiring dengan perkembangan pembangunan di daerah pantai yang sedemikian pesat, maka banyak orang yang tertarik untuk membangun bangunan komersil di daerah pantai, misalnya penginapan dan restoran. Namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membangun penginapan dan restoran, yaitu perencanaan yang matang, dari mulai mengetahui peraturan sepadan tepi pantai, sejarah keamanan, kondisi tinggi gelombang hingga kondisi kimia air laut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mendesain bangunan kayu di lepas pantai dan sambungan yang digunakan dengan menggunakan peraturan kayu Amerika (*NDS*) dan peraturan kayu Eropa (*Eurocode*).

Dari hasil analisis bangunan rumah kayu dengan menggunakan *NDS* dan *Eurocode*, yaitu untuk tinjauan komponen lentur, komponen geser, komponen tekan, dan sambungan, secara umum diperoleh kesimpulan bahwa perencanaan rumah kayu menggunakan peraturan *Eurocode* menghasilkan prediksi kekuatan elemen yang lebih efisien dibandingkan dengan peraturan *NDS*.

Kata kunci: Bangunan Kayu di Lepas Pantai, *NDS*, *Eurocode*

STRUCTURE ANALYSIS OF THE TIMBER BUILDING IN OFFSHORE BASED ON EUROCODE AND NDS

**ROYSANDRO THOMAS
NRP : 0921025**

Supervisor : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

ABSTRACT

Determining the location is an important consideration when build a commercial building. Along with the rapid development in coastal areas, there are many who are interested to build commercial buildings in coastal areas, such as lodging and restaurants. But there are several things that need to be considered in building lodging and restaurant, such as a careful planning, from knowing the rules commensurate to the foreshore, safety history, high wave conditions up to sea water chemistry conditions.

The purpose of this study is to analyze and design a timber building in the offshore and connection that be used, using American Wood Council (NDS) and the Design of Timber Structure (Eurocode).

From the analysis of the timber house building by using NDS and Eurocode , which is to review the components of bending, press components, and connections, it is generally concluded that the wooden house plan using Eurocode has a prediction of the elements power which is more efficient than the NDS.

Keywords: Timber Buildings in Offshore, NDS, Eurocode

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	v
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
BAB II STUDI LITERATUR	6
2.1 Kayu	6
2.1.1 Sifat Utama Kayu.....	6
2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Kayu	7
2.1.3 Jenis dan Penggunaan Kayu	8
2.1.4 Pengawetan Kayu	8
2.1.5 Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan Kayu	9
2.2 Konstruksi Bangunan Kayu	10
2.2.1 Konstruksi Dinding Batang Tersusun.....	10

2.2.2	Konstruksi Dinding Rangka Tersusun.....	10
2.3	Perencanaan Kayu Berdasarkan <i>Eurocode</i>	11
2.3.1	Perencanaan Balok Berdasarkan <i>Eurocode</i>	11
2.3.2	Perencanaan Kolom Berdasarkan <i>Eurocode</i>	14
2.3.3	Perencanaan Sambungan Berdasarkan <i>Eurocode</i>	22
2.4	Perencanaan Kayu Berdasarkan <i>NDS</i>	28
2.4.1	Perencanaan Balok Berdasarkan <i>NDS</i>	28
2.4.2	Perencanaan Kolom Berdasarkan <i>NDS</i>	32
2.4.3	Perencanaan Sambungan Berdasarkan <i>NDS</i>	34
2.5	Beban	42
2.5.1	Beban Gravitasi.....	42
2.5.2	Beban Gempa.....	44
2.5.3	Beban <i>Mooring</i> akibat Angin dan Arus.....	49
2.5.4	Beban Gelombang dan Arus	52
2.6	Program <i>SAP2000</i>	54
BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN		56
3.1	Data Struktur dan Material.....	56
3.1.1	Data Gedung	56
3.1.2	Data Material	61
3.2	Perencanaan Restoran Tidak Bertingkat Di Lepas Pantai.....	61
3.2.1	Pemodelan Gedung.....	61
3.2.2	Pemodelan Beban Gravitasi.....	69
3.2.3	Pemodelan Beban Gempa.....	74
3.2.4	Pemodelan Beban <i>Mooring</i> Akibat Angin dan Arus	77
3.2.5	Pemodelan Beban Gelombang dan Arus	79
3.2.6	Analisis dan Hasil	82
3.3	Analisis Berdasarkan <i>Eurocode</i>	90
3.3.1	Perhitungan Balok Berdasarkan <i>Eurocode</i>	90
3.3.2	Perhitungan Kolom Berdasarkan <i>Eurocode</i>	91
3.3.3	Perhitungan Sambungan Berdasarkan <i>Eurocode</i>	93
3.4	Analisis Berdasarkan <i>NDS</i>	97
3.4.1	Perhitungan Balok Berdasarkan <i>NDS</i>	97

3.4.2	Perhitungan Kolom Berdasarkan <i>NDS</i>	100
3.4.3	Perhitungan Sambungan Berdasarkan <i>NDS</i>	102
3.5	Pembahasan.....	107
BAB IV SIMPULAN DAN SARAN		
4.1	Simpulan.....	110
4.2	Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA		112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Penginapan di Lepas Pantai, Sipadan-Kapalai Dive Resort (Pulau Sipadan, Malaysia), (Sumber: borneospeedydive.com).....	1
Gambar 2.1	Penampang Balok Persegi Panjang	12
Gambar 2.2	Tekan Aksial.....	15
Gambar 2.3	Tekuk Kolom.....	15
Gambar 2.4	Panjang Efektif dan Kondisi Akhir	16
Gambar 2.5	Pen dan Baut.....	22
Gambar 2.6	Contoh Sambungan Menggunakan Baut	23
Gambar 2.7	Model kegagalan Sambungan Tipe Pasak/Baut pada Dua Dinding Geser.....	23
Gambar 2.8	Jarak Baut pada Sambungan.....	25
Gambar 2.9	Deretan Pengencang	27
Gambar 2.10	Rasio Pajang Efektif Kolom.....	33
Gambar 2.11	Sambungan dengan Baut Berpelat Sisi Baja	35
Gambar 2.12	Sambungan dengan Pasak	36
Gambar 2.13	Moda Kegagalan Sambungan Mekanis	37
Gambar 2.14	Skematik Sambungan Baut <i>Single Shear</i>	38
Gambar 2.15	Skematik Sambungan Baut <i>Double Shear</i>	38
Gambar 2.16	Penempatan Baut.....	41
Gambar 2.17	Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar Periode Ulang 500 Tahun.....	47
Gambar 2.18	Respon Spektrum Gempa Rencana	48
Gambar 2.19	Dimensi Kapal atau <i>Speed Boat</i>	51
Gambar 3.1	Tampak Depan.....	57
Gambar 3.2	Tampak Samping.....	57
Gambar 3.3	Denah Lantai 1	58
Gambar 3.4	Denah Pembalokan Lantai 1.....	59
Gambar 3.5	Potongan I.....	60

Gambar 3.6	Potongan II	60
Gambar 3.7	Tampilan <i>Quick Grid Lines</i>	61
Gambar 3.8	Tampilan <i>Default Grid SAP2000</i>	62
Gambar 3.9	Tampilan <i>Define Grid System Data</i>	62
Gambar 3.10	Mendefinisikan Material Kayu.....	63
Gambar 3.11	Mendefinisikan Material Genteng.....	63
Gambar 3.12	Mendefinisikan Pelat.....	64
Gambar 3.13	Mendefinisikan Genteng	64
Gambar 3.14	Mendefinisikan Ukuran Balok 10/20 (<i>B1</i>)	65
Gambar 3.15	Mendefinisikan Ukuran Balok 15/8 (<i>B2</i>)	65
Gambar 3.16	Mendefinisikan Ukuran Balok 8/12 (<i>B3</i>)	66
Gambar 3.17	Mendefinisikan Ukuran Kolom 15/20 (<i>K1</i>)	66
Gambar 3.18	Mendefinisikan Ukuran Kolom 10/10 (<i>K2</i>)	66
Gambar 3.19	Jenis Perletakan	67
Gambar 3.20	Pemodelan Restoran dengan Pengaku Silang (Gedung A)	67
Gambar 3.21	Pemodelan Restoran dengan Pengaku Tiga (Gedung B)	68
Gambar 3.22	Pemodelan Restoran dengan Tanpa Pengaku (Gedung C).....	68
Gambar 3.23	Tampilan <i>Define Load Patterns</i>	69
Gambar 3.24	Tampilan <i>Load Combination</i>	69
Gambar 3.25	<i>Input</i> Nilai Beban <i>SDL</i> Lantai	71
Gambar 3.26	<i>Input</i> Nilai Beban <i>SDL</i> Atap.....	71
Gambar 3.27	<i>Input</i> Nilai Beban Merata <i>SDL</i> Balok	72
Gambar 3.28	<i>Input</i> Nilai Beban Terpusat <i>SDL</i> Balok.....	72
Gambar 3.29	<i>Input</i> Beban <i>LLI</i> Lantai.....	73
Gambar 3.30	<i>Input</i> Beban <i>LLI</i> Genteng	73
Gambar 3.31	Nilai <i>T1</i> dari <i>SAP2000</i>	74
Gambar 3.32	Respons Spektrum Gempa Rencana Wilayah 2	75
Gambar 3.33	Nilai <i>Wt</i> dari <i>SAP2000</i>	75
Gambar 3.34	<i>Input</i> Nilai Beban <i>FX1</i>	77
Gambar 3.35	<i>Input</i> Nilai Beban <i>FY1</i>	77
Gambar 3.36	<i>Input</i> Nilai Beban <i>FY2</i>	78
Gambar 3.37	Distribusi Beban Gelombang	80

Gambar 3.38	<i>Input</i> Nilai Beban Gelombang <i>LL2</i>	81
Gambar 3.39	<i>Input</i> Nilai Beban Arus <i>LL3</i>	82
Gambar 3.40	Deformasi pada Struktur dengan Pengaku Silang (Gedung A).....	83
Gambar 3.41	Deformasi pada Struktur dengan Pengaku Tiga (Gedung B).....	83
Gambar 3.42	Deformasi pada Struktur Tanpa Pengaku (Gedung C).....	84
Gambar 3.43	Hasil <i>Axial Force</i> pada Kolom Gedung A	85
Gambar 3.44	Hasil <i>Shear 2-2</i> pada Balok Gedung A	86
Gambar 3.45	Hasil <i>Moment 3-3</i> pada Balok Gedung A.....	87
Gambar 3.46	Sambungan Kayu dengan Pelat untuk <i>Eurocode</i>	92
Gambar 3.47	Desain Sambungan Berdasarkan <i>Eurocode</i>	95
Gambar 3.48	Sambungan Kayu dengan Pelat untuk <i>NDS</i>	100
Gambar 3.49	Desain Sambungan Berdasarkan <i>NDS</i>	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelebihan dan Kekurangan Kayu	7
Tabel 2.2	Jenis dan Penggunaan Kayu	8
Tabel 2.3	Kelas Kayu Menurut Keawetannya.....	9
Tabel 2.4	Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan Kayu.....	10
Tabel 2.5	Pedoman Menentukan Nilai Batas untuk Defleksi	14
Tabel 2.6	Faktor Keamanan, ψ	18
Tabel 2.7	Faktor Durasi Bangunan, k_{mod}	18
Tabel 2.8	Faktor Parsial untuk Sifat Material dan Resistensi, γ_M	19
Tabel 2.9	Faktor Deformasi, k_{def}	19
Tabel 2.10	Nilai untuk k_h , k_i , k_{vol} dan k_{dis}	20
Tabel 2.11	Nilai Kekuatan, Sifat Kekakuan dan Kepadatan untuk Kelas Kekuatan Kayu Struktural	21
Tabel 2.12	Jarak Minimum, Jarak Tepi dan Akhir untuk Baut dan/atau Pen pada Kayu-Kayu, Panel-Kayu dan Sambungan Baja-Kayu.	26
Tabel 2.13	Faktor Layan Basah (<i>Wet Service</i>), C_M	30
Tabel 2.14	Faktor Temperatur, C_t	30
Tabel 2.15	Faktor Ukuran, C_F	30
Tabel 2.16	Faktor Tusukan (<i>Incising</i>), C_i	31
Tabel 2.17	Faktor Penggunaan Rebah (<i>Flat Use</i>), C_{Fu}	31
Tabel 2.18	Faktor Efek Waktu, λ	31
Tabel 2.19	Faktor Tahanaan, ϕ	31
Tabel 2.20	Faktor Konversi Format (<i>Format Conversion</i>), K_F	32
Tabel 2.21	Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan	34
Tabel 2.22	Faktor Reduksi, R_d	39
Tabel 2.23	Faktor Temperatur, C_t , untuk Sambungan	39
Tabel 2.24	Faktor Layah Basah (<i>Wet Service</i>), C_M , untuk Sambungan	40
Tabel 2.25	Syarat Jarak Ujung	41
Tabel 2.26	Syarat Jarak untuk Pengencang dalam Satu Baris	42
Tabel 2.27	Syarat Spasi dalam Baris.....	42

Tabel 2.28 Syarat Jarak Tepi.....	42
Tabel 2.29 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	43
Tabel 2.30 Beban Hidup pada Lantai Gedung.....	44
Tabel 2.31 Kombinasi Pembebanan.....	45
Tabel 2.32 Faktor Keutamaan (I), untuk Berbagai Kategori Gedung.....	46
Tabel 2.33 Parameter Daktilitas Struktur Gedung.....	47
Tabel 2.34 Koefisien ζ yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung.....	49
Tabel 3.1 Nilai Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen.....	76
Tabel 3.2 Deformasi Gedung A, B dan C.....	84
Tabel 3.3 Perbedaan Rumus <i>NDS</i> dan <i>Eurocode</i>	107
Tabel 3.4 Perbedaan Hasil Perhitungan dengan Rumus <i>NDS</i> terhadap <i>Eurocode</i>	109

DAFTAR NOTASI

A	Luas/are/daerah (mm^2)
A_c	Luas tampang kapal yang terendam air (m^2)
A_n	Luas netto (m^2)
A_m	Luas Elemen (mm^2)
A_w	Proyeksi bidang kapal yang tertiuip angin (m^2)
a, b, c	Dimensi (ukuran), jarak (m)
B	Lebar kapal atau <i>Speed Boat</i> (m)
C	Pusat berat (<i>centroid</i>), Konstanta integral, Faktor respon gempa
C_c	Koefisien tekanan arus
C_d	Koefisiesn <i>drag</i>
C_F	Faktor koreksi ukuran
C_{fu}	Faktor koreksi penggunaan datar (<i>Flat Use</i>)
C_i	Faktor koreksi torehan (<i>Incising</i>)
C_L	Faktor koreksi stabilitas, Koefisien lift
C_M	Faktor koreksi layah basah (<i>Wet Service</i>)
C_m	Koefisien inersia
C_P	Faktor koreksi stabilitas
C_r	Faktor koreksi komponen struktur berulang (<i>Repetitive Member</i>)
C_t	Faktor temperatur
c	Jarak ke sumbu netral (mm)
D	Diameter, Draft kapal , Diameter tiang utama (mm)
DL	Beban mati (kg/m^2)
d	Diameter, dimensi, ukuran jarak (<i>distance</i>) (mm)
E, $E_{0,mean}$	Modulus elastisitas
$E_{0,05}$	5% Modulus elastisitas
E_{min}	Modulus elastisitas acuan
F	Gaya, Beban gempa (kg)
$F_{ax,Rk}$	Karakteristik kapasitas tarik baut
F_b	Nilai lentur desain acuan (kuat lentur sejajar serat kayu)

F_b^*	$F_b^* = F_b \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_{fu} \cdot C_i \cdot C_r$
F_b'	Nilai lentur desain terkoreksi (N/mm^2)
F_{bE}	$F_{bE} = (1,20 \cdot E_{min}') / R_B^2$
F_c	Nilai tekan desain acuan (kuat tekan sejajar serat kayu, N/mm^2)
F_c^*	$F_c^* = F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i$
F_c'	Nilai tekan desain terkoreksi (N/mm^2)
F_{cE}	$F_{cE} = (0,822 \cdot E_{min}') / (l_e/d)^2$
F_{dmax}	Gaya <i>drag</i> ,aksimum (N)
F_D	Gaya drag akibat arus (kg)
F_i	Beban geser lantai ke i
F_{imax}	Gaya inersia maksimum (N)
F_L	Gaya angkat akibat angin (kg)
$F_{v,Ed}$	Desain kekuatan geser sambungan (N)
$F_{v,ef,Rk}$	Karakteristik daya dukung beban lateral efektif
$F_{v,Rd}$	Kapasitas desaian kekuatan sambungan (N)
$F_{v,Rk}$	Kapasitas laterla acuan (N)
F_x	Gaya total pada arah x (N)
f_c	Tegangan tekan (N/mm^2)
$f_{c,0,d}$	Desain kuat tekan (N/mm^2)
$f_{c,0,k}$	Kuat tekan karakteristik
f_h	karakteristik kekuatan embedment (N/mm^2)
$f_{m,k}$	Karakteristik kekuatan lentur
$f_{m,y,d}$, $f_{m,z,d}$	Desain kekuatan lentur sumbu y-y dan z-z
$f_{u,k}$	kekuatan tarik baut (N/mm^2)
$f_{v,d}$	Desain kekuatan geser (N/mm^2)
$f_{v,k}$	Karakteristik kekuatan geser (N/mm^2)
G	Modulus elastisitas dalam kondisi geser (N/mm^2)
g	Percepatan gravitasi ($9,81 m/d^2$)
H	Tinggi, jarak, gaya, reaksi
h	Tinggi, dimensi, ukuran (m)
I	Momen inersia (momen kedua) dari sebuah luas bidang, Faktor keutamaan gedung

I_x, I_y, I_z	Momen inersia terhadap sumbu x, y dan z
i	Radius rotasi, $i = \sqrt{I/A}$
K_F	Faktor konversi format (<i>Format Conversion</i>)
K_θ	$K_\theta = 1 + 0,25(\theta/90)$
k	Bilangan gelombang $\left(\frac{2\pi}{L}\right)$
$k_{c,y}, k_{c,z}$	Faktor ketidakstabilan
k_{def}	Faktor deformasi
k_h	Faktor tinggi balok
k_{mod}	Faktor durasi bangunan
k_{sys}	Faktor sistem kekuatan
k_y, k_z	Faktor stabilitas
L	Panjang jarak (m)
$L_{e,y}, L_{e,z}$	Panjang efektif elemen terhadap sumbu y dan z
LL	Beban hidup (kg/m^2)
L_{oa}	Panjang total kapal atau <i>Speed Boat</i> (m)
L_{pp}	Panjang garis air (m)
l_c	Panjang jarak (m)
M_d	Momen maksimum (Nmm)
$M_{y,Rk}$	<i>Yield moment</i> (Nmm)
N_d	Beban aksial desain (N/mm^2)
n	Jumlah alat sambung, jumlah tingkat (<i>buah</i>)
n_{ef}	Jumlah efektif alat sambung (<i>buah</i>)
P	Gaya, beban terpusat, daya (N)
P_a	Tekanan angin (kg/m^2),
P_u	Gaya atau beban tekan (N)
P_E	Beban tekuk (N)
$P_{E,y}, P_{E,z}$	Beban tekuk terhadap sumbu y-y dan z-z
Q	Beban merata, statis momen (N/mm^2)
R	Faktor reduksi gempa, Gaya akibat arus (kgf)
R_B	Rasio kelangsingan
R_w	Gaya akibat angin (kg)

SDL	Beban mati tambahan (kg/m^2)
T	Periode gelombang (<i>detik</i>)
T ₁	Nilai waktu getar alami fundamental (<i>detik</i>)
t	Waktu (<i>detik</i>)
t ₁	Tebal pelat pengapit (<i>mm</i>)
t ₂	Tebal balok utama (<i>mm</i>)
u _{net.fin}	Lendutan maksimum
V	Kecepatan angin (<i>m/d</i>)
V _c	Kecepatan arus (<i>m/d</i>)
V _d	Geser maksimum (<i>N</i>)
W _i	Berat lantai tingkat ke-i (<i>kg</i>)
W _t	Berat total bangunan termasuk beban hidup
W _u	Gaya cabut yang bekerja pada sambungan
W _y	Modulus penampang
W'	Nilai desain cabut terkoreksi
w	Berat jenis kayu
w _{net.fin}	Lendutan ijin
Z	Nilai desain lateral acuan (N/mm^2)
Z _u	Gaya tarik atau tekan (<i>N</i>)
Z'	Nilai desain lateral terkoreksi (N/mm^2)
Z _i	Ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral
λ	Rasio kelangsingan, Faktor waktu
$\lambda_{rel,y}, \lambda_{rel,z}$	Rasio kelangsingan relatif sumbu y-y dan z-z
$\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$	Rasio kelangsingan terhadap sumbu x-x, y-y dan z-z
θ	Sudut gaya arah serat
γ_M	Faktor material
γ_w	Berat jenis air laut ($1025 kgf/m^3$)
μ	Faktor daktilitas
δ_{max}	Lendutan maksimum (<i>mm</i>)
ρ_k	Faktor kepadatan kayu
ρ_m	Kepadatan balok
$\sigma_{m,y,d}, \sigma_{m,z,d}$	Desain tegangan lentur terhadap sumbu x-x dan y-y

$\sigma_{c.0.d}$	Desain tegangan tekan (N/mm^2)
$\tau_{v.d}$	Desain tegangan geser (N/mm^2)
ϕ	Faktor Tahana
ψ	Faktor keamanan
ω	Frekuensi gelombang $\left(\frac{2\pi}{T}\right)$ (Hz)