

## ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RUMAH PANGGUNG TERHADAP GAYA GEMPA

Samsul Bahri<sup>1</sup>, Insannul Kamil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W. R. Supratman,  
Kandang Limun, Kota Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur Sekolah Pascasarjana Universitas Andalas  
Kampus Limau Manis, Padang, Sumatera Barat

Corresponding author: [sbahri@unib.ac.id](mailto:sbahri@unib.ac.id)

### Abstrak

Hunian vernakular adalah karya masyarakat yang digali dari potensi setempat sesuai dengan daya dukung lingkungannya sehingga menghasilkan kekhasan produk tersendiri antara kelompok masyarakat satu dengan yang lainnya. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji perilaku struktur hunian vernakular Suku Rejang Desa Gunung Alam dalam merespon gaya gempa. Metode penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: survai lapangan dengan melakukan pengukuran secara langsung dan detail terhadap semua elemen penyusun rumah. Membuat model struktur digital. Menganalisis model struktur dengan bantuan perangkat lunak SAP 2000. Membuat simulasi respon model struktur terhadap beberapa jenis beban gempa. Menganalisis kapasitas elemen struktur rumah dan dibandingkan dengan tegangan lentur yang terjadi pada saat terjadi pembebanan ekstrim dan gempa rencana kala ulang 50 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis kapasitas elemen struktur rumah Ibu Kabat mengacu pada SNI 7973-2013 dengan nilai desain acuan dimodifikasi, kapasitas elemen balok kayu lebih besar 12,87% dibandingkan dengan tegangan lentur balok yang terjadi. Elemen struktur kolom kayu, nilai hasil persamaan interaksi lebih rendah 49,880%. Fakta lapangan menunjukkan bahwa rumah panggung di Desa Gunung Alam yang telah berusia lebih dari 50 tahun, sampai saat ini masih kuat dan tetap berdiri kokoh.

**Kata Kunci:** Rumah Panggung, Tegangan Lentur, Gaya Gempa

### Abstract

*Vernacular housing is the work of the community, which is excavated from the local potential in accordance with the carrying capacity of the environment so as to produce product characteristics that are distinct from one community group to another. The purpose of this study was to examine the behavior of vernacular residential structures of the Rejang Tribe in Gunung Alam Village in response to seismic forces. The research method was carried out in the following stages: a field survey by taking direct and detailed measurements of all elements making up the house; creating digital structural models; analyzing structural models with the help of SAP 2000 software; simulating the response of structural models to several types of earthquake loads; analyzing the capacity of the structural elements of the house; and comparing the bending stresses that occur during extreme loading and 50-year return period earthquakes. The results showed that, according to the analysis of the capacity of the structural elements of Mrs. Kabat's house referring to SNI 7973-2013 with modified reference design values, the capacity of the elements of the wooden beams is 12.87% greater than the bending stress of the beams that occurs. Elements of the wooden column structure result in a resulting value of the interaction equation that is 49.880% lower. Field facts show that the stilt houses in Gunung Alam Village, which are more than 50 years old, are still strong and still standing.*

**Keyword:** Stage House, Bending Stress, Seismic Force

## PENDAHULUAN

Banyak ragam keunikan dan keistimewaan yang dimiliki oleh bangsa Indonesia. Kekayaan budaya, norma dan produk kearifan lokal menjadi wujud dari kreatifitas penduduknya yang tersebar berasal ujung pulau Sumatera sampai ujung pulau Papua. Usaha pemenuhan kebutuhan primer berupa papan (tempat tinggal) telah melahirkan ragam bentuk dan corak rumah suku-suku yang ada di Indonesia dengan arsitektur yang khas, unik dan menarik sehingga terwujudlah istilah arsitektur vernakular nusantara. Jadi arsitektur vernakular nusantara dapat dimaknai sebagai cermin dari tradisi dan gaya hidup sekelompok masyarakat di Negara Kesatuan Republik Indonesia yang memiliki ikatan dengan lingkungan alam. Arsitektur vernakular nusantara mempunyai kaitan erat dengan kawasan, daerah, dan sejarah masyarakat sekitar.

Rumah panggung merupakan buah karya dari nenek moyang bangsa Indonesia sehingga tidak bisa dipisahkan dari Arsitektur vernakular nusantara. Rumah panggung sesuai lokasi pendirian, terletak pada daerah berair, rawa-rawa dan daratan (Sastrawati, 2009). Menurut (Marwati, 2014) daerah Manado memiliki rumah panggung yang diberi nama Wuloan Minahasa. Dari penelitian yang dilakukan Wulon Minahasa tahan terhadap gempa bumi. Elemen struktur balok utama yang terbuat dari kayu besi saling kait mengkait. Bahan pembentuk dinding tersusun dari kayu papan sehingga tidak mudah retak.

Provinsi Bengkulu wilayahnya ditempati oleh masyarakat dari berbagai macam suku. Suku bangsa masyarakat Bengkulu terdiri dari suku Rejang, suku Lembak, suku Serawai, suku Pasemah, suku Melayu Bengkulu, suku Kaur dan suku Enggano (Hendrata, 2013). Setiap suku yang

menempati wilayah di Provinsi Bengkulu mempunyai ciri khas masing-masing, baik itu berasal segi komunikasi bahasa, tata cara adat, pola hidup serta tempat hunian. Masyarakat suku Rejang di Desa Gunung Alam Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu, dalam merencanakan rumahnya, memiliki kesamaan antara satu dengan yang lainnya. Ciri khas rumah masyarakat suku Rejang, berbentuk panggung dengan ketinggian lantai rumah dari muka tanah antara 0,6-1,40 m. Elemen struktur seperti kolom, balok dan rangka kuda-kuda menggunakan bahan kayu. Tiang penopang berdiri di atas batu yang berbentuk umpak. Dari hasil identifikasi yang dilakukan, bentuk hunian Suku Rejang Desa Gunung Alam memiliki keadaptifan terhadap lingkungan sekitar sebagai bagian dari daerah yang rawan gempa bumi di Provinsi Bengkulu (Prihartiningrum dkk, 2020).

Pondasi pada rumah tradisional suku Ende Lio menggunakan material batu yang berbentuk oval. Batu oval memiliki permukaan yang datar dan pemasangannya tegak vertikal. Kolom rumah diletakkan pada batu oval dengan permukaan yang datar sehingga ketika terjadi gempa dapat meminimalkan kerusakan pada kolom tersebut (Mukhtar *et al.*, 2013). Rumah tradisional masyarakat Aceh, sebagian besar konstruksinya tahan terhadap gempa. Kondisi ini terjadi karena bagian struktural pembentuknya mampu merespon gaya gempa dalam arah memanjang maupun melintang (Meutia, 2017).

Sejalan dengan perkembangan struktur dan pola hidup manusia modern, kekayaan leluhur bangsa sudah banyak dilupakan dan ditinggalkan oleh generasi penerusnya. Tidak sedikit rumah-rumah adat diberbagai daerah di Indonesia telah berubah bentuk, fungsi bahkan banyak yang dirobohkan dan dibangun rumah baru dengan material bata

atau beton. Sangat disayangkan pembangunan rumah baru (rumah modern) tidak diiringi dengan prinsip dan teknik membangun rumah tahan gempa. Contoh kasus pada bangunan vernakular di Desa Duku Ulu Kabupaten Rejang Lebong menjadi bukti sebagaimana yang dilaporkan oleh (Sudrajat dkk, 2010) bahwa tipologi bangunan vernakular di Desa Duku Ulu pada saat sekarang, strukturnya semakin tidak merespon bahaya gempa. Kondisi ini dapat dilihat dari bentuk bangunan yang semakin tak kotak (semakin panjang) serta sistem struktur yg semakin tidak rigid. Teknik konstruksi melalui sistem sambungan coak dan pasak pada kayu menunjukkan penurunan kualitas yang sangat drastis yang ditandai dengan penggunaan penyambung paku. Memperhatikan fenomena tersebut, penelitian ini akan menguji model struktur rumah panggung masyarakat Rejang yang berdomisili di Desa Gunung Alam Kabupaten Rejang dan responnya terhadap gempa bumi.

### **Bangunan vernakular**

Secara tradisional masyarakat secara umum, sering meniru baik secara utuh maupun sebagian apa yang dilakukan, dikerjakan dan dipraktekkan oleh anggota masyarakat yang dianggap sebagai tokoh atau ketua adat. Sebagai contoh dalam pemenuhan kebutuhan primer seperti kebutuhan papan (rumah), dapat ditemui rumah-rumah dalam suatu pemukiman penduduk, memiliki corak dan tipe yang mirip baik dari sisi bentuk maupun susunan dengan beberapa rumah yang dimiliki oleh tokoh adat setempat. Oleh masyarakat sekitar proses pengambilan contoh rumah tokoh/ketua adat, kebanyakan tidak mutlak semuanya ditiru baik dari segi dimensi, simbol, hiasan dan ornamennya. Rumah-rumah rakyat yang dicontoh dari rumah tokoh/ketua adat

dapat diistilahkan dengan rumah vernakular.

Bangunan vernakular mewakili bagian yang sangat dominan dari lingkungan pemukiman masyarakat tradisional. Bangunan vernakular adalah konstruksi tanpa rekayasa, sebagai hasil dari tradisi kuno masyarakat sekitar sebagai respon terhadap persyaratan lingkungan sosial dan fisik mereka yang bersifat unik. Bangunan vernakular dikategorikan unik karena pengetahuan dan teknik membangunnya diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya (Gutierrez, 2004). Sedangkan menurut seorang antropolog arsitektur (Rapoport, 1969) dalam (Triadi dkk, 2010) bangunan vernakular artinya bangunan vernakular adalah bangunannya tidak didukung oleh prinsip serta teori bangunan yang sah, teknologi yang digunakan menyesuaikan dengan kemampuan masyarakat, menggambarkan nilai-nilai budaya rakyat setempat, memanfaatkan bahan-bahan yang tersedia di lingkungan sekitar serta bisa menyesuaikan perubahan yang terjadi.

### **Bangunan Vernakular dan Peristiwa Gempa**

Kekayaan khasanah arsitektur vernakular Indonesia yang penuh dengan kearifan lokal adalah sumber kekayaan yang mesti dikembangkan. Tempat tinggal tradisional masyarakat Kenali, merupakan warisan luhur pendahulu bangsa yang mampu mengikuti kondisi lingkungan sekitar, ditinjau dari falsafah hidup maupun dalam mensikapi datangnya bencana alam (Ibrahim & Nandang, 2011).

Berdasarkan catatan, sejak 2004-2013 terjadi gempa besar antara lain gempa yang melanda Aceh tahun 2004 dengan besar 9,3 SR yang diikuti gelombang tsunami, tahun 2005 gempa Nias dengan besar

8,2 SR, tahun 2006 gempa Yogyakarta dengan besar 5,9 SR, tahun 2009 gempa Padang dengan besar 7,6 SR, dan tahun 2013 gempa Aceh dengan besar 6,1 SR. Peristiwa gempa tersebut menyebabkan korban manusia serta menghancurkan struktur bangunan-bangunan modern. Sebaliknya untuk bangunan vernakular kondisinya nampak utuh dan kokoh tanpa ada keruntuhan struktural (Suwantara & Suryantini, 2014).

Arsitektur tradisional telah direncanakan, dibangun serta dipergunakan melalui pendekatan teori arsitektur yang berkelanjutan. Ditinjau dari kondisi struktur dan konstruksi, model bangunan vernakular sudah memperhitungkan sistem struktur berkelanjutan. Kasus ini dapat dilihat pada sistem struktur vernakular rumah masyarakat suku Nias yang dijuluki Omo Hada. Omo Hada agar bisa merespon gaya gempa, elemen struktur diagonalnya diperkuat dengan struktur rangka kaku. Struktur rangka berbentuk kaku dimaksudkan agar mampu mengimbangi gaya lateral arah ke samping (Manurung, 2014).

Meutia (2017) melakukan riset dengan cara melakukan pengamatan terhadap rumah tradisional masyarakat Aceh dalam merespon gempa dengan cara membuat maket dan mensimulasikan menggunakan personal komputer dengan software SAP 2000. Hasil pengujian maket menunjukkan bahwa kemampuan sistem struktur ketika mendapatkan gaya gempa, kondisi stabil, kokoh serta mampu mempertahankan posisi dan kedudukan.

Untuk wilayah rawan gempa, prinsip perencanaan gempa pada bangunan wajib memenuhi persyaratan tertentu. Syarat-kondisi desain serta pendetailan harus kompatibel dengan taraf penyebaran energi yang diasumsikan pada perhitungan desain

beban gempa. Kondisi gempa dengan kondisi resiko rendah, menengah, serta tinggi dipakai untuk mengatur kompatibilitas. Tingkat daktilitas dan pendetailannya harus menjadi perhatian untuk kondisi struktur dengan kategori biasa, menengah dan tinggi. Bangunan yang berada di wilayah gempa dengan resiko tinggi harus disyaratkan untuk memiliki daktilitas yang tinggi (Purwono dkk, 2004).

### **Gempa Bumi dan Prosesnya**

Peristiwa gempa ditimbulkan oleh pergerakan lempeng bumi yang terjadi secara mendadak (*sudden slip*). Lempeng bumi bergeser secara mendadak yang disebabkan oleh sumber gaya yang berasal dari alam maupun campur tangan manusia. Bumi senantiasa bergerak mengikuti rotasinya. Gempa akan terjadi apabila tekanan dan pergerakan lempeng bumi sudah sangat besar dan tidak mampu dibendung oleh pinggiran lempengan sehingga terjadi pelepasan energi. Gempa bumi terparah umumnya terjadi pada perbatasan lempengan kompresional dan translasional. Pergerakan magma dalam perut gunung berapi dapat menjebabkan gempa vulkanik. Gempa vulkanik diawali dengan letusan gunung berapi yang diiringi dengan getaran di permukaan bumi (Suharjanto, 2013).

Gelombang gempa bisa dibedakan menjadi tiga (Hartuti & Rine, 2009): (1) Gelombang primer yaitu gelombang yang bergerak dalam arah longitudinal. Gelombang primer memiliki kecepatan rambat 4-7 km/detik. (2) Gelombang sekunder yaitu gelombang yang bergerak secara transversal. Gelombang sekunder memiliki kecepatan rambat 2-6 km/detik dan (3) gelombang panjang yaitu gelombang yang bergerak pada bagian atas permukaan bumi dengan kecepatan lebih lambat.

### Prinsip Penting Konstruksi Tahan Gempa

Beberapa prinsip penting pada bangunan tahan gempa, antara lain yaitu (Hartuti & Rine, 2009):

1. Denah bangunan harus direncanakan secara sederhana dan simetris. Riset-riset terkait dengan kerusakan bangunan yang disebabkan gempa membuktikan bahwa denah bangunan dengan bentuk sederhana dan elemen struktur yang berfungsi sebagai penahan gaya horisontal berbentuk simetris, mampu menahan gaya gempa karena kekuatannya yang lebih merata dan efek gaya torsi lebih kecil.
2. Sistem konstruksi harus dipastikan mampu menahan beban secara maksimal. Bangunan supaya mampu menahan gaya gempa, usahakan gaya inersia akibat gempa dapat diteruskan melalui elemen struktur utama, lalu memindahkannya ke pondasi dan menyalurkannya ke tanah pendukung.
3. Bahan bangunan yang digunakan, beratnya harus seringan mungkin.

### Target Kinerja Bangunan Tahan Gempa

Menurut *American Society of Civil Engineers*, ASCE (2000) bangunan yang dinyatakan sebagai bangunan tahan gempa harus dapat memenuhi target kinerja (performance target) yang terbagi kedalam 4 level yaitu:

1. *Operational performance level*, dimana bangunan segera dapat digunakan kembali setelah kejadian gempa bumi terjadi,
2. *Immediate occupancy performance level*, dimana bangunan masih dapat digunakan kembali setelah kejadian gempa bumi,
3. *Life safety performance level*, dimana bangunan tidak membahayakan

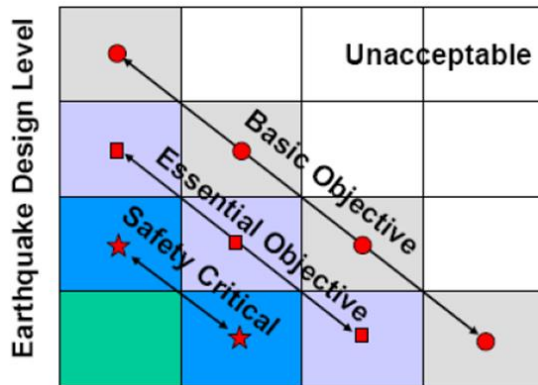
pengguna ketika terjadi dan setelah kejadian gempa bumi

4. *Collapse prevention performance level*, dimana bangunan tidak runtuh ketika terjadi kejadian gempa bumi.

Berbagai level kinerja ini selanjutnya dihubungkan dengan level bahaya gempa bumi (*earthquake hazard level*) yang dikuantifikasikan dalam persen kemungkinan kejadian setiap 50 tahun, yang juga dibagi menjadi 4 level yaitu:

1. Level 1, kemungkinan terjadi 50% dalam 50 tahun yang merupakan bahaya (hazard) paling ringan,
2. Level 2, kemungkinan terjadi 20% dalam 50 tahun,
3. Level 3, kemungkinan terjadi 10% dalam 50 tahun,
4. Level 4, kemungkinan terjadi 2% dalam 50 tahun yang merupakan bahaya (hazard) paling berat.

Desain bangunan tahan gempa, posisi dalam matriks yang ditandai dengan abjad k dan p merupakan *Basic Safety Objective* (BSO) yang harus dicapai oleh bangunan. Artinya pada kejadian gempa dengan kemungkinan terjadi 10% dalam 50 tahun, bangunan harus memenuhi *life safety performance level*, dimana bangunan tidak membahayakan pengguna ketika terjadi dan setelah kejadian gempa bumi, serta pada kejadian gempa dengan kemungkinan terjadi 2 % dalam 50 tahun, bangunan harus memenuhi *collapse prevention performance level*, di mana bangunan tidak runtuh ketika terjadi kejadian gempa bumi. Gambar 1 memberikan informasi sasaran hasil desain bangunan tahan gempa (ASCE, 2000).



**Gambar 1.** Sasaran hasil desain bangunan tahan gempa

Sumber: ASCE, 2000.

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif model 3 dimensi dengan bantuan software SAP2000 untuk mendapatkan besaran *internal forces* (gaya dalam) pada masing-masing elemen struktur. Data diperoleh dengan cara observasi dan pengukuran langsung pada obyek penelitian. Analisis kapasitas tegangan elemen-elemen struktur mengacu pada SNI 7973-2013. Variabel riset berupa besaran *internal forces* yang terdiri dari gaya geser, gaya aksial dan momen lentur. *Internal forces* diperlukan untuk membandingkan tegangan lentur yang terjadi dengan kapasitas dukung elemen struktur balok dan kolom kayu dari rumah yang menjadi obyek penelitian.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Gambaran Lokasi Penelitian**

Desa Gunung Alam merupakan desa yang ada di Kecamatan Pelabai Kabupaten Lebong Provinsi Bengkulu. Desa Gunung Alam terletak pada koordinat X= -3.122 dan koordinat Y= 102.158. Desa ini merupakan salah satu kampung tradisional Suku Rejang. Ditinjau dari sudut geologi, Desa Gunung Alam memiliki kontur

berbukit dengan beda ketinggian yang cukup ekstrim sehingganya desa ini mendapat julukan desa di balik bukit. Penelitian yang dilakukan oleh (Prihartiningrum dkk, 2020) didapatkan bahwa dari 54 hunian venakular Suku Rejang di Desa Gunung Alam, ditemukan 3 rumah panggung yang usia bangunan lebih dari 50 tahun. Rumah panggung milik Ibu Kabat menjadi obyek dalam penelitian ini dengan pertimbangan berdasarkan data yang didapat rumah Ibu Kabat dibangun pada tahun 1957 yang berarti sampai saat ini berumur 63 tahun. Elemen struktur utama masih utuh dan terawat dengan baik serta tidak ada tambahan perkuatan pada bangunan utama. Tidak ada tanda-tanda kerusakan akibat diserang rayap atau unsur pengganggu lainnya. Gambar 2 berikut memperlihatkan letak rumah Ibu Kabat yang berlokasi di Desa Gunung Alam.



**Gambar 2.** Lokasi rumah Ibu Kabat di Desa Gunung Alam

**Bentuk Struktur Rumah Ibu Kabat**

Rumah Ibu Kabat berukuran 7,30 x 13,40 m<sup>2</sup>. Pondasi rumah ini terbuat dari bahan kayu meranti merah dengan diameter rata-rata 20 cm. Lantai rumah dari permukaan tanah memiliki ketinggian 75 cm. Pondasi berdiri di atas permukaan tanah datar dengan kondisi padat dan kering. Pondasi tidak langsung menyentuh tanah, namun menumpu terlebih dahulu pada sebuah

## Analisis Kekuatan Struktur Rumah Panggung Terhadap Gaya Gempa

bongkahan batu yang kuat dengan permukaan yang datar. Gambar 3 memperlihatkan struktur pondasi rumah Ibu Kabat dimana dalam gambar ini nampak sekali bahwa pondasi kayu berdiri dengan kokoh dan mantap memikul beban dari struktur di atasnya.



**Gambar 3.** Struktur Pondasi Kayu Rumah Ibu Kabat

Untuk elemen balok sloof dan kolom, bahan pembentuknya berasal dari kayu meranti merah dengan ukuran 10/10 cm untuk balok sloof dan 12/12 cm untuk kolom. Sloof terhubung langsung dengan pondasi kayu dengan model sambungan takik. Sedangkan kolom terhubung dengan sloof dan balok ring (balok atas) juga dengan model sambungan takik. Gambar 4 memperlihatkan elemen balok sloof dan kolom yang nampak masih sangat kokoh walaupun usia bangunannya telah mencapai 63 tahun.



**Gambar 4.** Elemen Balok Sloof dan Kolom Kayu Rumah Ibu Kabat

Bahan pembentuk dinding, lantai dan plafon rumah terbuat dari papan kayu meranti merah ukuran 2 x 20 cm dengan finishing permukaan yang sangat halus. Satu bagian papan dengan papan yang lainnya disusun dengan rapih dan diperkuat

dengan balok ukuran 10 x 10 cm dari bahan kayu meranti merah. Untuk elemen lantai, papan didusun dan dipaku di atas balok-balok mendatar yang berjarak 50 cm. Balok-balok tersebut berfungsi sebagai balok landasan yang bertumpu di atas sloof. Balok landasan dan sloof dihubungkan dengan sambungan takik.

Elemen dinding tersusun atas bilah-bilah papan 2 x 20 cm yang menempel pada rangka balok kayu 10 x 10 cm dengan cara dipaku. Rangka balok kayu tersebut ada yang berfungsi sebagai kolom dan sebagai penguat struktur. Untuk elemen plafon juga terbuat atas bilah-bilah papan 2 x 20 cm yang menumpu pada balok kayu 10 x 10 cm dalam arah melintang. Gambar 5 memperlihatkan kondisi lantai, dinding dan plafon rumah Ibu Kabat.



**Gambar 5.** Elemen Lantai, Dinding dan Plafon Rumah Ibu Kabat

### Parameter Pemodelan dan Output Analisis

Pemodelan bangunan rumah yang ditinjau dilakukan dengan menggunakan software SAP2000, dengan model 3 dimensi. Dalam pemodelan akan ditentukan beberapa parameter analisis yaitu tipe material beserta karakteristik mekaniknya, tipe-tipe elemen struktur, dimensi elemen struktur, besaran beban rencana, beban hidup, beban mati dan beban atap. Penentuan parameter-parameter beban gempa yang terdiri dari klasifikasi situs, tipe struktur dan percepatan tanah yang didapatkan dari peta gempa sesuai dengan SNI 1729-2019.

*Output* analisis yang akan didapatkan adalah besaran *internal forces* (gaya dalam) pada masing-masing elemen struktur. Gaya



dalam yang didapatkan berupa gaya geser, gaya aksial dan momen lentur yang akan digunakan sebagai dasar penentuan apakah elemen struktur masih berperilaku memuaskan dibawah beban yang ekstrim, perilaku struktural rumah tinjauan dibawah beban gempa dan perbaikan/penambahan elemen struktur jika diperlukan.

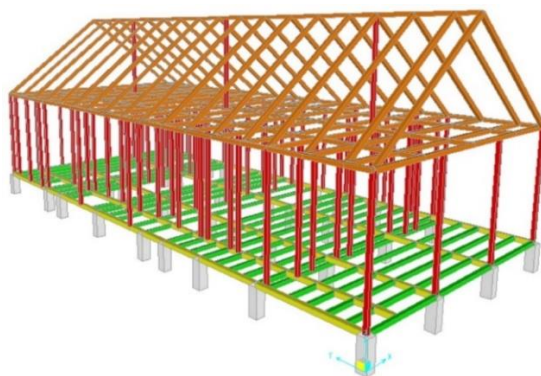
**Model Definition**

*Model definition* adalah definisi parameter-parameter yang telah diinputkan dalam model analisis struktur dengan software analisis struktur. Dalam *model definition* dapat dilihat secara mendetail mengenai parameter-parameter yang telah diinputkan ke dalam model analisis. *Model definition* pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1 sedangkan model geometri SAP rumah Ibu Kabat dapat dilihat pada Gambar 6.

**Tabel 1. Model Definition** Rumah Ibu Kabat

Section Name	Material	Shape	Area	TorsCons	I33	I22
			m2	m4	m4	m4
Balok 1	Kayu E11	SD Section	0.016900	0.000040	0.000024	0.000024
Balok 2	Kayu E11	SD Section	0.010000	0.000014	8.333E-06	8.333E-06
Kolom 1	Kayu E11	SD Section	0.009025	0.000012	6.788E-06	6.788E-06
Kolom 2	Kayu E11	SD Section	0.004900	3.405E-06	2.001E-06	2.001E-06
Kolom Pondasi	Kayu E11	SD Section	0.070233	0.000785	0.000393	0.000393
Kuda-Kuda	Kayu E11	SD Section	0.007000	6.558E-06	5.833E-06	2.858E-06
Ring Balok	Kayu E11	SD Section	0.007500	7.680E-06	6.250E-06	3.516E-06

**Model Geometry SAP Rumah Ibu Kabat**

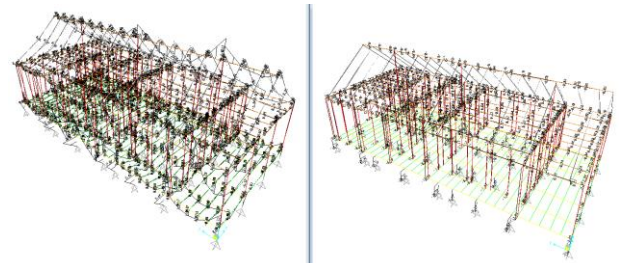


**Gambar 6.** Model SAP Rumah Ibu Kabat

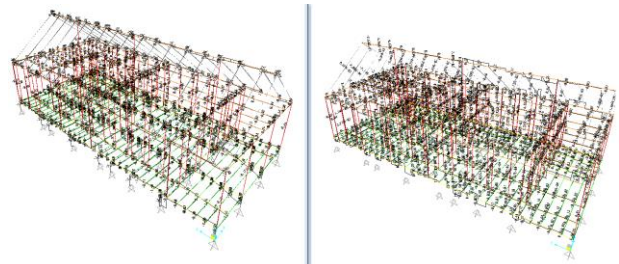
**Hasil Analisis Struktur Rumah Ibu Kabat**

Analisis struktur dengan menggunakan SAP 2000 memberikan hasil berupa gaya dalam yang terdiri dari gaya geser

(V2 & V3), gaya aksial (P), momen lentur (M2 & M3) dan torsi (T). Distribusi gaya-gaya dalam tersebut dapat digambarkan melalui diagram momen (BMD), diagram gaya aksial (NFD), diagram gaya geser (SFD) dan diagram momen torsi (TMD). Momen lentur maksimum ( $M_{mak}$ ) pada elemen balok kayu terjadi sebesar 12,276 kNm. Gaya aksial maksimum ( $P_{mak}$ ) pada elemen kolom kayu terjadi sebesar 29,674 kN,  $M_{mak}$  sebesar 4,478 kNm dan  $M_{min}$  sebesar -4,501 kNm. Gaya dalam yang diperoleh digunakan untuk mencari tegangan lentur balok dan kolom, disajikan dalam Gambar 7 dan 8.



**Gambar 7.** BMD dan NFD Rumah Ibu Kabat



**Gambar 8.** SFD dan TMD Rumah Ibu Kabat

**Analisis Kapasitas Elemen Struktur Berdasarkan SNI 7973-2013**

Menganalisis kapasitas elemen struktur balok dan kolom rumah Ibu Kabat digunakan SNI 7973-2013. Analisis kapasitas elemen struktur ini difokuskan pada elemen struktur pemikul beban yaitu balok dan kolom, dengan beberapa asumsi antara lain kayu yang digunakan masuk dalam kode mutu kayu E14 (kayu meranti)



## Analisis Kekuatan Struktur Rumah Panggung Terhadap Gaya Gempa

dengan nilai desain acuan  $F_b = 12,6$  MPa;  $F_t = 11,1$  MPa;  $F_c = 11,1$  MPa;  $F_v = 1,48$  MPa;  $F_{Cf} = 2,96$  MPa; dan modulus elastisitas acuan  $E = 14000$  MPa;  $E_{min} = 7000$  MPa. Selain nilai desain dan modulus elastisitas acuan, dalam perhitungan kapasitas tegangan lentur untuk balok dan kapasitas tegangan kombinasi aksial tekan dan lentur untuk kolom diperlukan beberapa koefisien modifikasi.

Faktor-faktor modifikasi dalam analisis kapasitas elemen struktur pada penelitian ini meliputi:

1. Kondisi layan kadar air kayu, dengan faktor modifikasi  $C_M$ , dalam analisis ini diasumsikan memiliki kadar air lebih dari 19% untuk kondisi waktu yang lama dengan asumsi kayu terekspose dan terpengaruh cuaca, sehingga nilai  $C_M$  diambil sebesar 0,85 untuk lentur dan 0,8 untuk aksial.
2. Faktor temperature, dengan faktor modifikasi  $C_T$ , dimana dalam analisis ini dianggap kayu berada dalam kondisi temperature lingkungan yang berada dibawah  $38^\circ\text{C}$  sesuai dengan iklim dimana rumah sampel penelitian berdiri, sehingga nilai  $C_T$  diambil sebesar 1.
3. Faktor stabilitas balok, dengan faktor modifikasi  $C_L$ , dimana dalam analisis ini balok dianggap stabil dari tekuk lateral dengan mengasumsikan bahwa papan yang berfungsi sebagai dek lantai dapat sekaligus berfungsi sebagai tumpuan lateral balok, sehingga  $C_L$  diambil sebesar 1.
4. Faktor ukuran  $C_F$  dimana kayu yang memiliki dimensi yang lebih kecil daripada 101,6 mm menggunakan faktor modifikasi  $C_F$  sebesar 1. Sedangkan elemen struktur yang memiliki dimensi lebih besar daripada 101,6 mm nilai  $C_F$  harus dihitung dengan menggunakan persamaan  $C_F = (305/d)^{1/9}$ . Ketentuan

standar nilai  $C_F$  tidak boleh digunakan lebih besar daripada 1.

5. Faktor penggunaan rebah dengan faktor modifikasi  $C_{fu}$  dimana digunakan pada kayu yang dibebani pada permukaan lebar. Dalam rumah Ibu Kabat, bentuk penampang kayu yang digunakan adalah bujur sangkar sehingga nilai  $C_{fu}$  digunakan sebesar 1.

Analisis kapasitas lentur elemen balok dilakukan dengan prosedur menghitung besaran tegangan lentur pada balok dengan menggunakan rumus tegangan lentur. Selanjutnya kapasitas lentur diperhitungkan dengan memodifikasi nilai desain acuan untuk tegangan lentur dengan faktor-faktor modifikasi yang sesuai. Jika nilai desain acuan untuk tegangan lentur yang termodifikasi lebih besar atau minimal sama dengan tegangan lentur yang terjadi, maka elemen lentur dapat dinyatakan aman dan sebaliknya jika nilai desain acuan lebih kecil daripada tegangan yang terjadi maka elemen lentur dinyatakan tidak aman.

Analisis kapasitas kolom dilakukan dengan menggunakan prosedur analisis kapasitas tegangan kombinasi lentur dan aksial tekan. Prosedur analisis dilakukan dengan pertama-tama memperhitungkan tegangan aksial dan tegangan lentur yang terjadi pada kolom, selanjutnya memperhitungkan kapasitas lentur dengan menggunakan nilai acuan desain lentur yang dikalikan dengan faktor-faktor modifikasi, dilanjutkan dengan memperhitungkan kapasitas aksial termodifikasi dengan memperhatikan stabilitas kolom. Kapasitas kolom diperhitungkan dengan menggunakan persamaan interaksi tegangan aksial dan lentur. Kolom dinyatakan aman jika hasil dari persamaan interaksi tersebut bernilai maksimal sebesar 1.

### **Analisis Kapasitas Elemen Struktur Rumah Ibu Kabat**

Hasil analisis kapasitas struktur balok kayu rumah Ibu Kabat menunjukkan bahwa tegangan lentur yang terjadi pada elemen balok kayu sebesar 73,6566 MPa, sedangkan kapasitas dukung yang dimiliki oleh elemen balok adalah sebesar 26,5913 MPa. Tegangan lentur tersebut lebih besar dibandingkan dengan kapasitas dukung yang dimiliki oleh elemen balok rumah tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tegangan lentur balok sebesar 177% dibandingkan dengan kapasitas dukung yang ada. Hasil persamaan interaksi tegangan aksial dan lentur elemen kolom kayu adalah sebesar 1,4866 MPa. Kolom dinyatakan aman jika nilai hasil persamaan interaksi  $< 1$ . Kondisi ini menunjukkan bahwa elemen kolom kayu rumah Ibu Kabat, nilai hasil persamaan interaksi lebih tinggi 48,660%. Hasil analisis kapasitas balok dan kolom rumah Ibu Kabat menunjukkan bahwa elemen balok dan kolom rumah tersebut tidak aman pada saat terjadi pembebanan ekstrim (kondisi pembebanan yang memberikan efek terburuk pada struktur dari beberapa kombinasi beban yang diperhitungkan) dan gempa rencana diasumsikan sebagai gempa dengan peluang terjadi sebesar 2% dalam 50 tahun yang merupakan bahaya (*hazard*) paling berat. Kondisi ini disebabkan oleh dimensi elemen struktur balok dan kolom kayu yang terlalu kecil serta sifat material yang kurang baik.

Hunggurami dkk, (2016) dalam risetnya telah melakukan pengujian kuat tekan sejajar serat kayu, kuat lentur kayu dan kuat tekan tegak lurus serat kayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan sejajar serat kayu, kuat lentur kayu dan kuat tekan tegak lurus serat kayu aktual

hasil pengujian berada jauh di atas nilai desain acuan yang diatur oleh SNI 7973-2013. Kayu meranti yang digunakan oleh bangunan rumah eksisting yang merupakan objek penelitian ini didapatkan bahwa persentase kuat tekan aktual sejajar serat kayu dibanding kuat tekan kayu dalam nilai desain acuan adalah sebesar 164,01%, sedangkan kuat lentur sebesar 312,64%. Berdasarkan hasil penelitian Hunggurami dkk, (2016) tersebut maka perlu untuk melakukan analisis ulang dengan menggunakan nilai kuat tekan berdasarkan nilai desain acuan yang dimodifikasi sebesar 164,01% untuk kuat tekan sejajar serat kayu dan 312,64% untuk kuat lentur kayu.

### **Analisis Kapasitas Elemen Struktur Berdasarkan SNI 7973-2013 dengan Nilai Desain Acuan Dimodifikasi**

Kapasitas Elemen Struktur dianalisis Berdasarkan ketentuan dalam SNI 7973-2013 dimana Nilai Desain Acuan Dimodifikasi dilaksanakan dengan prosedur yang sama dengan analisis kapasitas elemen struktur tanpa modifikasi. Perubahan yang dilakukan hanya pada nilai desain acuan, dimana sebelumnya untuk material dengan kode E14 yang merupakan kayu meranti, mutu nilai desain acuan lentur yang digunakan adalah sebesar 12,6 MPa dan nilai desain acuan aksial tekan sejajar serat sebesar 11,1 MPa diubah menjadi 12,6 MPa x 312,64% = 39,39 MPa untuk nilai acuan desain lentur dan 11,1 MPa x 164,01% = 18,205 MPa untuk nilai acuan desain tekan sejajar serat.

Hasil analisis kapasitas struktur balok kayu rumah Ibu Kabat menunjukkan bahwa tegangan lentur yang terjadi pada elemen balok kayu sebesar 73,6566 MPa, sedangkan kapasitas dukung yang dimiliki oleh elemen balok adalah sebesar

83,1351 MPa. Tegangan lentur yang terjadi tersebut lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas dukung yang dimiliki oleh elemen balok rumah tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas elemen balok kayu lebih besar 12,87% dibandingkan dengan tegangan lentur balok yang terjadi. Hasil persamaan interaksi tegangan aksial dan lentur pada elemen kolom kayu adalah sebesar 0,5012 MPa. Kolom dinyatakan aman jika nilai hasil persamaan interaksi  $< 1$ . Kondisi ini menunjukkan bahwa elemen kolom kayu rumah Ibu Kabat, nilai hasil persamaan interaksi lebih rendah 49,880%.

Berdasarkan hasil analisis kapasitas struktur balok dan kolom rumah Ibu Kabat yang mengacu pada SNI 7973-2013 dengan nilai desain termodifikasi menunjukkan hasil bahwa elemen kolom dan balok yang tersusun dari bahan kayu meranti aman pada saat terjadi pembebanan ekstrim dengan gempa kala ulang 50 tahunan. Kondisi ini diperkuat dengan fakta lapangan bahwa rumah panggung yang berada di Desa Gunung Alam dimana bangunan telah berusia lebih dari 50 tahun, sampai saat ini masih kuat dan tetap berdiri kokoh.

### KESIMPULAN

Hasil analisis kapasitas elemen struktur rumah Ibu Kabat mengacu pada SNI 7973-2013 dengan nilai desain acuan dimodifikasi pada saat terjadi pembebanan ekstrim dan gempa rencana kala ulang 50 tahun menghasilkan:

1. Tegangan lentur yang ditimbulkan pada elemen struktur balok kayu sebesar 73,6566 MPa, sedangkan kapasitas dukung yang dimiliki oleh elemen balok adalah sebesar 83,1351 MPa. Kapasitas elemen balok kayu lebih besar 12,87% dibandingkan dengan tegangan lentur balok yang terjadi.

2. Persamaan interaksi tegangan aksial dan lentur pada elemen struktur kolom kayu adalah sebesar 0,5012 MPa. Kolom dinyatakan aman jika nilai hasil persamaan interaksi  $< 1$ . Elemen struktur kolom kayu, nilai hasil persamaan interaksi lebih rendah 49,880%.
3. Hasil analisis kapasitas elemen struktur balok dan kolom menunjukkan bahwa elemen balok dan kolom rumah tersebut aman.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada jajaran pimpinan Fakultas Teknik Universitas Bengkulu disampaikan ucapan terima kasih atas pemberian biaya, yang dengannya penelitian ini dapat terlaksana dengan sangat baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers (ASCE). 2000. *FEMA 356, Federal Emergency Management Agency*. Washington, D.C.: ASCE.
- Gutierrez, J. 2004. *Notes on the Seismic Adequacy of Vernacular Buildings*. 13th World Conference on Earthquake Engineering, (p. No. 5011). Vancouver, B.C. Canada.
- Hartuti, & Rine, E. 2009. *Buku Pintar Gempa: Mengenal Seluk Beluk Gempa, Jenis-jenisnya, Penyebab-penyebabnya, dan Dampak-dampaknya*. Yogyakarta: Diva Press.
- Hendratta, A. O. 2013. *Peradaban Di Pantai Barat Sumatera*. Yogyakarta: Ombak.
- Hunggurami, E., Utomo, S., & Messakh, B. 2016. Identifikasi Kuat Acuan terhadap Jenis Kayu yang Diperdagangkan di Kota Kupang Berdasarkan SNI 7973:2013. *Jurnal Teknik Sipil*, V(2). 175 - 184.

- Ibrahim, W., & Nandang. 2011. Arsitektur Tradisional Kenali Salah Satu Kearifan Lokal Daerah Lampung. *Jurnal Rekayasa*, 15(1). 59-66.
- Manurung, P. 2014. Arsitektur Berkelanjutan, Belajar dari Kearifan Arsitektur Nusantara. Makalah disajikan dalam Simposium Nasional RAPI XIII. FT UMS. ISSN 1412-9612. A-75-A-81.
- Marwati. 2014. Studi Rumah Panggung Tahan Gempa Woloan di Minahasa Manado. *Jurnal Teknosains*, 8(1). 95-108.
- Mukhtar, M. A., Pangarsa, G. W., & Wulandari, L. D. 2013. Struktur Konstruksi Arsitektur Tradisional Bangunan Tradisional Keda Suku Ende Lio di Permukiman Adat Wolotolo. *Jurnal Ruas*, 11(1). 17-28.
- Meutia. 2017. Pemetaan Sistem Struktur Konstruksi Rumah Tradisional Aceh dalam Merespon Gempa. *Koridor: Jurnal Arsitektur dan Perkotaan*, 8(1). 62-69.
- Prihartiningrum, A., Ramawangsa, P. A., & Bahri, S. 2020. Karakteristik Bentuk Hunian Suku Rejang di Daerah Rawan Gempa (Studi Kasus: Desa Gunung Alam, Kabupaten Lebong). *Arsitektura*, 18(1). 84-93.
- Purwono, R., Tavio, Imran, I., & Raka, G. 2004. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung )SNI 03-2847-2002) Dilengkapi dengan Penjelasan. Surabaya: ITS Press, Cetakan Pertama.
- Sastrawati, I. 2009. *The Characteristics Of The Self-Support Stilt-Houses Towards The Disaster Potentiality At The Cambaya Coastal Area, Makassar*. *DIMENSI: Journal of Architecture and Built Environment*, 37(1). 33-40.
- SNI 7973, 2013. Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu. Jakarta: BSN.
- SNI 1726, 2019. Tata Cara Perencanaan ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: BSN.
- Suharjanto. 2013. *Rekayasa Gempa (Dilengkapi dengan Analisis Beban Gempa sesuai SNI 03- 1726:2002)*. Yogyakarta: Kepel Press.
- Suwantara, I. K., & Suryantini, P. 2014. Kinerja Sistem Struktur Rumah Tradisional Ammu Hawu Dalam Merespon Beban Seismik. *Jurnal Permukiman*, 9(2). 102-114.
- Sudrajat, I., Triyadi, S., & Harapan, A. 2010. Perkembangan Tipologi Rumah Vernakular dan Responnya Terhadap Bahaya Gempa, Studi Kasus: Desa Duku Ulu, Bengkulu. *Jurnal Permukiman* 5(3). 107-115.
- Triadi, S., Sudrajat, I., & Harapan, A. 2010. Kearifan Lokal Pada Bangunan Rumah Vernakular di Bengkulu Dalam Merespon Gempa, Studi Kasus: Rumah Vernakular di Desa Duku Ulu. *Lokal Wisdom*, II(1). 1-7.
- Wiranto. (1999). *Arsitektur Vernakular Indonesia: Perannya Dalam Pengembangan Jati Diri*. *Dimensi Teknik Arsitektur*, 27(2). 15-20.