

LAPORAN PENELITIAN

IDENTIFIKASI KERUSAKAN-KERUSAKAN KONSTRUKSI BANGUNAN AKIBAT GEMPA BUMI DI INDONESIA

Kasus: Rumah-Rumah Masyarakat Tidak Bertingkat Berangka Atap Genteng dari
Sumber Open Source



TIM PENGUSUL

Ir. Ch. Koesmartadi, MT., 058.1.1991.084

Christian Moniaga, ST., M. Ars. 058.1.2015.300

Gustav Anandhita, ST., MT. 058.1.2016.306

FAKULTAS ARSITEKTUR DAN DESAIN
PRODI ARSITEKTUR
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG
2020

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul : IDENTIFIKASI KERUSAKAN-KERUSAKAN KONSTRUKSI BANGUNAN AKIBAT GEMPA BUMI DI INDONESIA (KASUS : RUMAH-RUMAH MASYARAKAT TIDAK BERTINGKAT BERANGKA ATAP GENTENG DARI SUMBER OPEN SOURCE)
2. Ketua Tim
 - a. Nama : Ir. CH. KOESMARTADI, M.T.
 - b. NPP : 5811991084
 - c. Program Studi : Arsitektur
 - d. Perguruan Tinggi : Unika Soegijapranata
 - e. Alamat Kantor/Telp/Faks/surel : ch.koesmartadi@unika.ac.id
3. Anggota Tim
 - a. Jumlah Anggota : Dosen 2 orang
Mahasiswa 0 orang
4. Biaya Total : Rp. 2.900.000,00

Mengetahui,
Dekan Ars. Dan Desain,

Semarang, 14 Juli 2020
Ketua Tim Pengusul

Dr. Dra. B. TYAS SUSANTI, M.A.
NPP : 5811990083

Ir. CH. KOESMARTADI, M.T.
NPP : 5811991084

Menyetujui,
Kepala LPPM

Dr. BERTA BEKTI RETNAWATI, S.E., M.Si.



Catatan:

- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 ayat 1 :

'Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah'

- Dokumen ini telah diberi tanda tangan digital, tidak memerlukan tanda tangan dan cap basah

- Dokumen ini dapat dibuktikan keasliannya dengan menggunakan qr code yang telah tersedia

BERITA ACARA REVIEW

Program Studi Arsitektur - Ars. Dan Desain
Universitas Katolik Soegijapranata Semarang

Pada hari ini, 09 Juli 2020 telah diadakan review kegiatan penelitian/pengabdian dengan judul:

IDENTIFIKASI KERUSAKAN-KERUSAKAN KONSTRUKSI BANGUNAN AKIBAT GEMPA BUMI DI INDONESIA (KASUS : RUMAH-RUMAH MASYARAKAT TIDAK BERTINGKAT BERANGKA ATAP GENTENG DARI SUMBER OPEN SOURCE)

Dengan catatan review sebagai berikut:

- Cukup bagus dan menarik, hanya, apakah dpt disimpulkan juga ttg bagian mana dr batang2 kolom2 yg paling rentan thd kepatahan selain pada posisi sendi. Bagian dari sisi mana, penghuni dapat terselamatkan bila terjadi kerubuhan atap.
- Pada Bab I Latar belakang terlalu singkat, harus memuat fenomena, tend, gap dan dilandasi pustaka serta menuliskan novelty dari penelitian inki tujuan penelitian bukan kalimat tanya dan hendaknya lebih tajam dari sekedar "mengetahui" Bab berikutnya Kajian pustaka dibagi menjadi kajian pustaka, kerangka teori dan kerangka berpikir bab tentang metode belum benar, harusnya berisi desain penelitian, populasi, sampel, operasional alat, metode/jenis penelitian yang digunakan Bab Pembahasan, harus ada diskusi dengan pustaka bab kesimpulan harus sinkron antara pertanyaan masalah, hasil dan kesimpulan pustaka bukan bab pustaka terlalu minim

Reviewer 1

Reviewer 2

Prof.Dr-Ing.Ir. L. M. F. PURWANTO

Ir. FX. BAMBANG SUSKIYATNO, M.T.



Catatan:

- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 ayat 1 :

'Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah'

- Dokumen ini telah diberi tanda tangan digital, tidak memerlukan tanda tangan dan cap basah

- Dokumen ini dapat dibuktikan keasliannya dengan menggunakan qr code yang telah tersedia

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
RINGKASAN.....	iv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Alasan Pemilihan Judul.....	1
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Empiris Konstruksi Atap Secara Arsitektur.....	4
2.2 Struktur Dalam Arsitektur.....	6
2.3 Gerak Gempa Bumi.....	7
2.4. Korban Gempa Bumi Akibat Tertimpa Atap.....	8
2.5 Mengapa Atap Menjadi Sumber Kerusakan.....	8
2.6 Teori Kuda Kuda Saat Ini.....	9
2.7 Kerusakan Tumpuan Akibat Menahan Gaya Horisontal.....	10
BAB III. METODE PENELITIAN.....	14
3.1. Desain Penelitian.....	14
3.2. Populasi.....	14
3.3. Sampel.....	15
3.4. Operasional Penelitian.....	15
3.5. Jenis Penelitian.....	16
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	17
BAB V KESIMPULAN.....	27
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	30

RINGKASAN

Kepulauan Indonesia dilalui oleh jalur gempa bumi, dan seringkali peristiwa gempa bumi yang biasanya memakan korban baik manusia maupun rumah-rumah penduduk, gempa bumi tidak melihat sikaya dan simiskin, semua yang menjadi jalurnya akan terkena. Pada umumnya korban yang terkena adalah rakyat biasa yang meninggal/ luka bukan karena gempa itu sendiri melainkan terkena runtuh atap. Ada hal yang kurang lazim dalam kejadian ini karena pada umumnya runtuh atap secara utuh dan ada kerusakan sedikit menimpa penghuni di bawahnya.

Tujuan tulisan ini adalah mencari sebagai akibat yang mengatakan bahwa mengapa bisa terjadi bentuk keruntuhan atap (masih utuh) yang cenderung lepas dari tumpuannya, padahal model tumpuan atap ini sudah digunakan sejak lama, dan selalu berulang digunakan juga terjadi bentuk keruntuhan yang hampir mirip.

Pengambilan data dilakukan dengan mengambil beberapa peristiwa gempa bumi yang korbannya adalah masyarakat yang pengguna bangunan tersebut berangka atap genteng baik fasilitas umum maupun rumah tinggal tidak bertingkat. Dari pengamatan secara empiris kemudian dilakukan analisis secara kualitatif guna melihat tingkat kerusakan bangunan yang tertimpa atap.

Hasilnya menggambarkan adanya kerusakan pada tumpuan saat gempa bumi dan atap secara utuh roboh menimpa penghuni. Kerusakan bisa berupa rangkaian kuda-kuda secara utuh terlepas dari tumpuan dan roboh kebawah atau roboh akibat secara struktur berbentuk empat titik sehingga tiang penyangga baik yang menempel pondasi dan yang menahan kuda-kuda roboh ke samping karena tiang tidak berfungsi sebagai pengaku. Kesemuanya ini diakibatkan momen secara horizontal berada di tengah atap sehingga ayunan horizontal menjadi besar dan mengalahkan tumpuan.

Kata kunci: kerusakan konstruksi, konstruksi bangunan, gempa bumi, atap runtuh.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Indonesia dari Sabang hingga Merauke di lalui oleh jalur gempa bumi. Peristiwa gempa bumi banyak terjadi di kepulauan Indonesia banyak memakan korban manusia dan barang-barang termasuk rumah terutama rumah penduduk. Selama ini gempa bumi di seluruh kepulauan nusantara yang menjadi korban terbanyak penduduk yang tinggal di rumah-rumah tinggal. Rumah yang menjadi korban rata-rata rumah penduduk tidak berlantai beratapkan genteng. Menurut Frick Heinz (2006; 13) kerusakan besar akibat gempa bumi sering disebabkan karena pengabaian bahaya dan kesombongan manusia.

Dalam pengamatan di beberapa kali peristiwa gempa bumi selain penduduk yang menjadi korban, rumah tinggalnya juga mengalami kerusakan. Penduduk yang menjadi korban umumnya karena terjebak dalam keruntuhan. Korban gempa bumi ada yang terluka dan meninggal dunia yang tertimpa reruntuhan konstruksi bangunan. Korban meninggal bukan karena gempa bumi melainkan korban meninggal terkena reruntuhan bangunan. Menurut Idham Noor (2014: 29) gempa bumi bukanlah penyebab utama terbunuhnya manusia, namun kegagalan bangunanlah yang banyak menimbulkan korban jiwa. Dari beberapa kasus yang berhasil didata menyebutkan rumah roboh akibat tidak mampu menahan beban horizontal selama terjadinya gempa bumi. Dari kasus di beberapa tempat munculah pemikiran membuat penelitian dengan melihat keruntuhan atap bangunan akibat gempa bumi.

1.2 Alasan Pemilihan Judul

Alasan pemilihan judul ini yakni Identifikasi Kerusakan Konstruksi Bangunan akibat Gempa Bumi di Indonesia didasari pada fenomena gempa yang menyebabkan

korban tewas bukan karena gempa itu sendiri melainkan akibat terkena reruntuhan konstruksi atap secara utuh runtuh menimpa penghuni

1.3 Perumusan Masalah

Perumusan berdasar tujuan penelitian.

1. Bagaimana ciri-ciri kerusakan konstruksi atap akibat gempa bumi?
2. Mengapa bisa terjadi kerusakan pada tumpuan rangka atap?
3. Apakah bentuk konstruksi yang kurang memperhatikan masalah setempat (iklim dan gempa bumi) dapat menjadi masalah?

Perumusan berdasarkan azas manfaat.

4. Pentingnya mengetahui tingkat keamanan bangunan yang mengakomodasi keinginan yang sejalan antara ruang dan konstruksi.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Melihat, mengkaji dan mengidentifikasi secara empiris kerusakan konstruksi atap bangunan akibat gempa bumi
2. Mencari penyebab terjadinya terjadi kerusakan pada tumpuan rangka atap meski rangka atap bangunan secara utuh runtuh namun terlepas dari tumpuannya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat menjadi pijakan dalam

1. Untuk mengetahui, mendalami dan merumuskan identifikasi kerusakan bangunan apabila terjadi gempa bumi

2. Untuk pembelajaran dan langkah penanggulangan agar bisa meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi
3. Rumusan desain konstruksi bangunan yang memenuhi kebutuhan keamanan bangunan terhadap gempa bumi akan memberikan ruang aman bagi penghuni.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian ini telah dilakukan studi pendahuluan terhadap penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, antara lain:

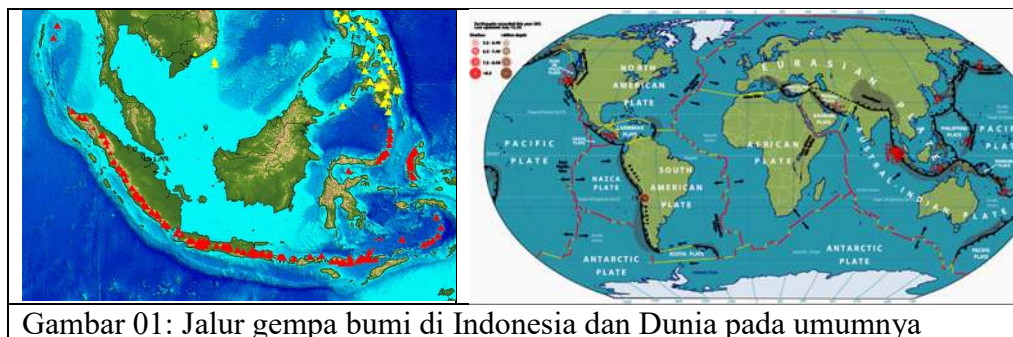
1. Pengembangan Model desain Rumah Tinggal Ramah Gempa pada daerah rawan gempa bumi di Kab Tasikmalaya propinsi Jawa Barat berbasiskan Arsitektur Tradisional Sunda. Kajian konstruksi yang ramah terhadap gempa bumi melalui kajian arsitektur rumah adat Sunda. (Haryianto, Hariyanto. 2017) Penelitian ini memfokuskan pada system pengembangan konstruksi rumah ramah gempa bumi
2. Kajian Konstruksi Aman gempa (Amalia Ulinuha, Soegijapranata Catholic University 2017). Penelitian ini focus pada permasalahan aman gempa pada rumah secara keseluruhan dikaji melalui riset bersifat kuantitatif. Pada penelitian ini memperhatikan keamanan dari segi kekuata konstruksi
3. Hubungan pemanfaatan bambu sebagai bahan konstruksi Rumah Tahan Gempa dengan Perilaku masyarakat dalam Menjaga Pelestarian Lingkungan Tineu Indrianeu (Jurnal pendidikan Sosial) vol 26 Nomer 2 Desember 2017. Pada penelitian ini di fokuskan pada pemikiran atas kesadaran masyarakat terhadap konstruksi bamboo yang lentur dan mudah didapatkan sangat baik untuk penanggulangan bahaya gempa bumi.

Setelah memperhatikan beberapa penelitian menyangkut rumah aman gempa bumi maka, dapat dijelaskan focus penelitian ini sebagai berikut: Penelitian ini berfokus pada identifikasi kerusakan pada konstruksi atap. Konstruksi atap memiliki banyak fungsi sebagai naungan sebagai teduhan, yang kesemuanya ini membutuhkan pemikiran yang bagus bagi keselamatan penghuni di dalamnya.

Pada tinjauan pustaka ini mendiskusikan beberapa materi berkait dengan gempa bumi yang terlebih dahulu dimulai dengan pustaka tentang pengertian gempa bumi. Dilanjutkan dengan materi struktur dalam arsitektur yang memuat tentang bagai mana sebuah struktur bangunan didesain memenuhi aspek arsitektural yakni bentuk yang beradaptasi dengan iklim dan masalah gempa bumi, dari diskusi ini memunculkan pentingnya sebuah struktur bangunan rendah yang mengikuti kaidah-kaidah arsitektural. Langkah berikutnya mengkaji gerak gempa bumi itu sendiri yang mana akan mulai terlihat apakah struktur bangunan arsitektur memenuhi aspek keamanan. Hal ini memunculkan pembahasan tentang pergerakan gempa bumi pada bangunan tidak bertingkat untuk melihat proses kerusakan bangunan. Pada bahasan berikutnya adalah mengetahui dampak kerusakan yang mengakibatkan korban manusia dan hasil terakhir runtuhnya bangunan konstruksi atap yang bisa menjadi awal melakukan penelitian.

2.1 Pengertian Empiris Konstruksi Atap Secara Arsitektur

Pengamatan secara empiris dimaksudkan sebagai pengamatan berdasarkan kemampuan dasar ilmu (arsitektur) atas kerusakan bangunan pada gedung tidak berlantai beratap rangka miring pada. Pengamatan dilakukan melalui media web pada kasus gempa bumi. Kerusakan yang ditimbulkan dianalisis dan di perkirakan bentuk sebelum runtuh dan di lihat proses kerusakannya.



Gambar 01: Peta pergempaan di Indonesia

2.2 Struktur dalam Arsitektur

Salah satu karakter arsitektur di Indonesia yang dominan adalah atap miringnya yang berfungsi sebagai penauang sehingga punya konsekuensi berupa berat dan kerumitan di bagian atas yang berakibat pada berat dan besar atap.

Fungsi atap sebagai penauang dan peneduh adalah agar manusia dapat hidup nyaman dan melakukan kegiatan tanpa harus diterpa derasnya hujan dan teriknya panas matahari. Dengan bernaung dan berteduh, seorang tidak terpisahkan atau terisolasi dari lingkungan sekitarnya, itu berarti bahwa perasaan bersatu dengan lingkungan sekitarnya masih dapat diperoleh (Priyotomo. 2006: 198), ruang yang ternaungi lalu menjadi volume ruang dimana bernaung dapat melakukan sebagai mana mestinya. Merujuk istilah ini maka desain arsitektur memiliki konsekuensi yakni besar di bagian atas, karena berfungsi menjaga kenyamanan membebaskan manusia dari sengat matahari dan curah hujan.

Posisi ini menyebabkan rumah atap miring juga berfungsi sebagai penauang juga maka memiliki konsekuensi sebagai konstruksi yang berat. Dugaan sementara bangunan beratap rangka batang dengan kemiringan logis bersama kriteria pergempaan bisa menjadi salah satu kriteria bangunan arsitektur nusantara. Dugaan ini menjadi mengerucut menjadi dua kriteria yang saling bertentangan, satu sisi bila desain bangunan yang memperhatikan masalah iklim maka bagian atasnya lebih besar karena menaungi bawahnya. Di sisi lain bangunan gedung yang memperhatikan masalah gempa bumi maka guna tetap stabil saat terjadi guncangan maka struktur bangunannya besar dibawah sehingga stabil. Keunikan dari struktur bangunan di Indonesia inilah yang mengemuka, mengkombinasikan dua kriteria yang saling bertentangan iklim dan gempa bumi

2.3 Gerak Gempa Bumi

Pada dasarnya hampir seluruh kepulauan di Indonesia dilalui cincin api berupa jalur gempa bumi dan peristiwa gempa bumi adalah kejadian wajar dan efeknya sangat merugikan manusia dan lingkungan sekitarnya.

Kerusakan besar akibat bencana gempa bumi seringkali disebabkan karena pengabaian bahaya dan kesombongan manusia. Sebenarnya sebenarnya biaya konstruksi yang tahan gempa dibanding dengan yang biasa hanya menuntut tambahan 2-5% saja (Frick. 2006: 13), disinilah sebenarnya akal manusia lebih dinanti kreatifitasnya dalam masalah penanggulangan.



Atap berbentuk pelana, masing-masing terlepas dari induknya namun secara satuan atap tetap utuh, semuanya lepas dari tumpuannya

Gambar 02: Memperlihatkan kekuatan kuda-kuda namun lemah di tumpuan

Peristiwa gempa bumi disadari bukanlah menyebabkan langsung korban manusia, namun kegagalan baik secara struktur maupun non struktur. Hingga hari ini studi tentang gempa bumi masih terbatas dilakukan oleh para insinyur sipil yang lebih menitik beratkan pada kegagalan bangunan akibat kesalahan perhitungan. Namun justru cukup banyak kegagalan bangunan yang disebabkan oleh ketidaksesuaian disain dalam arsitektur. Sebagai arsitek tentunya banyak berperan dalam perwujudan desain bangunan dan lebih dominan berdasarkan pemikiran keruangan, estetika dan sistem sistem lain dalam bangunan. Untuk itu dalam setiap kajian ini prinsip-prinsip arsitektur yang aman terhadap penghuni akibat gempa bumi menjadi keutamaan.

2.4 Korban Gempa Bumi Akibat Tertimpa Atap

Gempa bumi yang sering melanda daerah kepulauan Indonesia meski sudah di ramalkan akan terjadi, namun kejadiannya selalu tidak bisa diprediksikan. Gempa bumi yang terjadi di Indonesia selalu tidak melihat siapa masyarakat yang akan menjadi korban, baik kaya miskin semua akan terkena khususnya masyarakat yang tinggal dikawasan jalur gempa bumi. Gempa bumi yang melanda di Indonesia selalu membawa banyak korban baik manusia, maupun harta benda. Gempa bumi yang melanda Indonesia selalu mengulangi dalam hal korban yang sama yakni korban manusia dan harta bangunan. Hal yang perlu di dalami korban manusia yang terkena gempa bumi bukan karena gempa buminya, namun masyarakat korban baik meninggal maupun luka karena tertimpa bangunan. Ini menjadi keprihatinan kita semua mengapa selalu masyarakat yang menjadi korban keruntuhan bangunan. Dan bila kita perdalam pada umumnya masyarakat yang menjadi korban adalah masyarakat yang tinggal di rumah satu lantai, mereka kebanyakan terkena runtunan konstruksi atap.

2.5 Mengapa Atap Menjadi Sumber Kerusakan

Beberapa kejadian gempa bumi di seluruh Kepulauan Indonesia pada umumnya merupakan rumah tidak berlantai. Bila dilihat tingkat kerusakan bangunan terjadi pada beberapa bagian konstruksi, missal kerusakan konstruksi berupa roboh, rusak maupun kerusakan kecil. Robohnya konstruksi bisa berupa runtuhnya bangunan akibat beban diatas yang bagian bawahnya tidak kuat menahan konstruksi atap diatasnya, Karakter kerusakan konstruksi bisa berupa amblesnya sebagian bangunan akibat tanah tidak kuat menahan beban konstruksi saat terjadinya gempa bumi. Kerusakan konstruksi berupa tiang/ kolom roboh akibat beban atap yang roboh akibat ayunan saat gempa bumi. Yang menjadi fokus pembahasan ini adalah robohnya konstruksi atap yang cenderung masih utuh menimpa ruang dan penghuni karena kerusakan di sekitar tumpuan tiang penyangga.



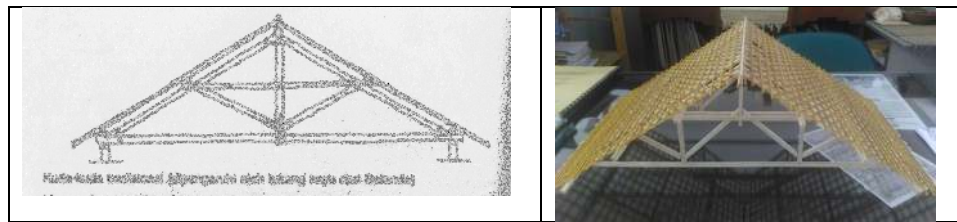
Gambar 03.a: kerusakan pada tumpuan yang menyebabkan kerusakan atap (Gempa Halmahera Selatan)

Gambar 03.b: kerusakan atap yang terkena dampak gempa bumi yang merusak tumpuan kuda-kuda (Gempa Aceh)

Gambar 03: Kasus kerusakan pada tumpuan yang mengakibatkan runtuhnya atap.

Secara struktural kondisi kuda-kuda masih bisa di lihat, namun posisinya roboh kebawah akibat tumpuan rusak tidak dapat menahan kerasnya pergerakan gempa dan kondisi tiang penyangga rusak.

2.6 Teori Kuda-kuda Saat Ini



Gambar 4.a: Contoh kuda-kuda pengaruh tukang Belanda (Frick 2001: 204)

Gambar 4.b: Hingga kini bentuk kuda-kuda semacam ini masih digunakan dalam pembelajaran (Dokumen Pribadi)

Gambar 4: Konstruksi kuda-kuda yang lazim dipakai dalam konstruksi di Indonesia.

Beberapa kasus disebutkan justru konstruksi atap nya masih cenderung utuh, hanya mengalami kerusakan akibat tumpuan/ kolom yang rusak akibat hantaman gempa. Yang menjadi fokus diskusi mengapa rangka atap cenderung bisa bertahan dan roboh secara utuh menimpa penghuni di bawahnya akibat tumpuan kurang

bisa bertahan ikatannya? Rata-rata atap yang roboh menggunakan prinsip rangka kuda-kuda kayu yang lazim digunakan di Belanda. Kuda kuda tradisional yang dipengaruhi oleh tukang-tukang dari Belanda masih banyak digunakan dan menjadi acuan dalam kurikulum konstruksi arsitektur di Indonesia (Frick, Heinz, Setiawan, 2001: 204)

Sistem struktur kuda-kuda yang digunakan adalah sistem kuda-kuda rangka batang dengan dua tumpuan yang mengikuti kaidah roll dan sendi. Prinsip rol dan sendi sendiri menggunakan asas-asas mekanika teknik yang memungkinkan salah satu tumpuan mengalami pergeseran akibat muai susut ataupun beban. Meski demikian pada prakteknya hampir semua mengikuti kaidah jepit di kedua tumpuan. Dari kedua rumusan tersebut diatas nampaknya apapun jenis tumpuannya sulit bisa mengantisipasi beban horizontal tegak lurus rangka kuda-kuda, karena kuda-kuda didesain untuk gaya-gaya sejajar dengan arah rangka kuda-kuda. Melihat bentuk rangka kuda-kuda maka dugaan beban maksimum ada di tengah konstruksi, sehingga saat terjadi gempa bumi maka ayunan kesamping sangat besar dan tidak dapat di pegang oleh keda tumpuan.

2.7 Kerusakan Tumpuan Akibat Menahan Gaya Horizontal

Prinsip bangunan aman gempa memperbolehkan bangunan mengalami kerusakan, bahkan runtuh ketika gempa terjadi, namun penghuni harus bisa diselamatkan (Ildham. 2014: 29).



Gempa Halmahera. Atap rumah berbentuk pelana memanjang runtuh kebawah akibat tiang tidak bisa menahan beban gempa bumi

Gempa Padang. Atap limasan memanjang runtuh akibat ikatan kaki kuda-kuda dengan tumpuan tidak kuat menahan beban akibat gempa,

Gambar 05: Atap limasan memanjang yang terdampak gempa bumi, dugaan karena panjang sehingga terjadi kerusakan dari arah panjang

Pada kasus contoh kerusakan akibat gempa bumi di sebutkan kerusakan bangunan akibat tumpuan konstruksi atap rusak/ roboh sehingga atap ikut runtuh.



Kedua bangunan ini runtuh sebagian namun konstruksi atap relatif aman

Gambar 06: atap berbentuk piramida cenderung utuh, dugaan sementara karena bidang bujur sangkar memiliki kestabilan terhadap gaya yang datangnya dari dua arah.



Atap limasan masih utuh runtuh lepas dari tumpuannya
 Gambar 07: Atap limasan tetap utuh namun terlepas dari tumpuannya

Menurut Schodek (1999: 328) dalam mendesain sebuah struktur bangunan terutama di daerah gempa bumi struktur rangka tidak efisien apabila digunakan untuk beban lateral yang sangat besar, dianjurkan mengurangi lengan-lengan yang panjang karena sebuah konstruksi dengan momen yang besar cenderung membuat ayunan besar.

Secara grafitasi juga terlihat terjadinya momen yang besar ditengah rangka kuda-kuda maka kedua kolom tumpuanpun mengalami beban eksentris alias diluar kolom, akibatnya kolom-kolom bekerja kurang seimbang dan roboh. Kedua arah beban maksimum baik horizontal dan vertikal telah membuat bagian tengah rangka kuda-kuda mengayun secara vertical dan horizontal.



Gambar 08.a: Konstruksi atap dalam situasi relatif utuh turun seluruhnya (Gempa Lombok)
 Gambar 08.b: Konstruksi bamboo ikut runtuh terkena hempasan gempa bumi, namun atap nya masih utuh

Gambar 08: Kerusakan atap dilihat dari arah atas dan kerusakan atap ijuk yang relatif bisa dikendalikan.

Secara bersamaan, akan tetapi badan rangka kuda-kuda pun cenderung utuh. Akhirnya tumpuanlah yang menjadi korban kerusakan konstruksi.



Kedua bangunan ini runtuh sebagian namun konstruksi relatif aman

Gambar 09: Konstruksi atap tetap relatif utuh, namun dua sisi tumpuan rusak sehingga miring.



Gambar 10.a: Atap rusak dan turun runtuh tidak bersamaan karena hanya satu sisi tumpuan yang runtuh (Gempa Lombok)

Gambar 10.b: atap bertebaran jatuh rangka atap utuh namun penutup atap yang lepas

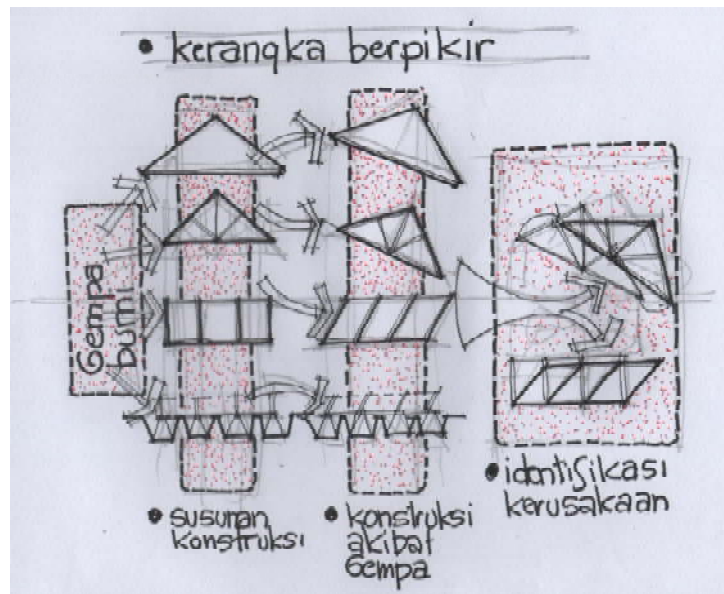
Gambar 10: Situasi keruntuhan kerangka atap yang merusak konstruksi itu sendiri.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan atas fakta di lapangan yang memperlihatkan kerusakan kasus rumah tinggal yang terkena gempa bumi yang terjadi di sejumlah daerah. Penelitian dapat berlangsung ketika rumah tinggal yang dinyatakan roboh memenuhi kriteria sebagai rumah roboh. Desain yang digunakan adalah menganalisis rumah rumah tidak berlantai beratap genteng. Penelitian yang digunakan adalah melihat model kerusakan dengan dibuktikan melalui foto-foto untuk kemudian direkayasa bentuk aslinya. Dari bentuk aslinya dapat diketahui keadaan semula dengan bentuk keruntuhan bangunan.



3.2. Populasi

Populasi bangunan kasus di ambil dari beberapa peristiwa gempa bumi di seluruh pelosok Indonesia. Populasi memenuhi persyaratan rumah beratap miring yang mengalami kerusakan dan roboh. Sampel diambil melalui foto-foto. Populasi rumah yang rusak diambil dari beberapa peristiwa gempa bumi meliputi semua

bentuk kerusakan bangunan akibat gempa bumi. Tempat kejadian gempa bumi antara lain Bantul (2005), Lombok (2018), Palu (2019).

3.3.Sampel

Sampel diambil memenuhi persyaratan sebagai kasus rumah yang roboh itulah yang dikaji melalui proses penggambaran ulang bentuk bangunan sebelum gempa bumi, taksiran bentuk dilakukan dengan meneliti kerusakan bangunan diasumsikan berbentuk tidak jauh dari bentuk saat roboh.

3.4.Operasional Penelitian

Operasional penelitian meliputi istilah;

- a. Identifikasi, merupakan upaya mencari tahu bentuk kerusakan bangunan, bagian mana yang rusak, Identifikasi mengarah pada jenis kerusakan konstruksi, ciri-ciri bangunan sejenis ketika terkena gempa bumi

- b. Model kerusakan

Model kerusakan digambarkan meliputi foto actual sehabis gempa, pendugaan bentuk sebelum terjadinya kerusakan, bentuk dan arah kerusakan, bagian atap tertentu yang mengalami kerusakan. Dari beberapa sampel dengan kategori bentuk atap dan bentuk bangunan dipilah pilah sehingga menemukan kategori kerusakan berdasar bentuk bangunan.

- c. Definisi kerusakan pada bangunan

Definisi kerusakan adalah berubahnya bentuk struktur bentuk atap yang mengalami kerobohan, berkaitan erat dengan sistem bentuk konstruksi kuda-kuda dan menemukan sistem perlemahan yang dapat dibuktikan saat terhempas oleh gempa bumi.

3.5. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah jenis eksplorasi, dimana semua obyek dieksplor sesuai dengan arah eksplorasi yakni memprediksikan bentuk konstruksi sebelum terkena gempa bumi. Fakta dilapangan berupa reruntuhan bangunan menjadi awal eksplorasi.

- a. Bentuk dan model kerusakan memberi petunjuk mana kelemahan konstruksi.
- b. Sisa bentuk yang utuh menunjukkan kepada kekuatan konstruksi tersebut.
- c. Kerusakan diamati pada perubahan konstruksi yang mengarah pada kelemahan konstruksi.
- d. Merekareka bentuk awal sebelum runtuk di lakukan dengan mempertimbangkan sisa sisa reruntuhan.
- e. Penggambaran ulang bentuk yang masih utuh. Menggambarkan arah kerusakan akibat terhempas gempa.
- f. Menemukan rangka masih utuh. Kerusakan pada tumpuan memberi petunjuk kalau tumpuan rangka kuda-kuda lemah terhadap gaya lateral.
- g. Kondisi utuh rangka kuda-kuda menunjuk bahwa rijiditas konstruksi sangat baik. Namun hampasan horizontal yang besar menyebabkan kerusakan tumpuan.
- h. Bentuk struktur rangka tiang yang empat sendi memberi petunjuk kalau system ini lemah.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Dalam membahas hasil penelitian kerusakan konstruksi bangunan akibat gempa bumi ini mengambil sampel secara acak pada beberapa peristiwa gempa bumi yang terjadi di Indonesia. Pengambilan sampel memenuhi persyaratan sesuai yang tertera dalam judul penelitian, misal:

1. Diambil dari data kerusakan akibat gempa bumi secara source open
2. Rumah satu lantai beratap miring
3. Mengalami roboh saat gempa
4. Diambil gambarnya dan bisa dianalisis rangkaian peristiwanya melalui tanda-tanda kerusakan.

Setelah mengetahui kerusakan bangunan maka berdasarkan kerusakan tersebut maka dapat di rekayasa bentuk bangunan sebelum runtuh melalui seketsa dan tentunya tetap fokus pada kemungkinan terdekat bentuk konstruksinya dengan melihat kerusakan konstruksi paska terkena gempa bumi.

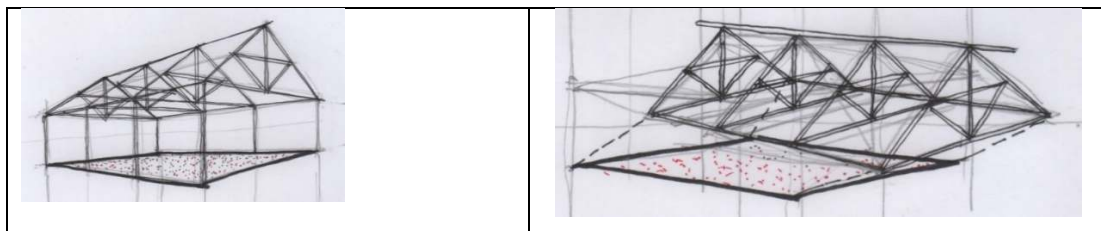
Setelah mengadakan pengamatan melalui data reruntuhan di beberapa lokasi gempa bumi maka bisa di jelas kan sebagai berikut: kerusakan rumah tinggal berbentuk bangunan beratap pelana dengan konstruksi kuda-kuda kayu. Bentuk rangkaian atap dan kuda-kuda terlihat runtuh tidak menyisakan konstruksi tiang dan dinding yang masih berdiri. Jika dilihat reruntuhan bangunan bisa diketahui kalau rangka atap menggunakan kuda-kuda berbahan kayu dengan prinsip kuda-kuda. Posisi kerusakan adalah rangka atap relatif utuh jatuh ketanah akibat tiang kurang berfungsi dengan baik saat terjadinya gempa bumi. Rangka atap hanya mengalami sedikit kerusakan karena terjadi sedikit meluntir dan kerusakan terjadi pada atap bangunan tambahan kanopi. Model rangka kuda-kuda atap pelana

kerusakan paling parah ada di masing-masing tumpuan akibat hentakan beban horizontal atap dengan pendulum di tengah. Tumpuan kuda-kuda rusak sebagian terlepas dari tiang penyangga yang kurang kuat menahan kekuatan beban atap dari pusat beban yakni ditengah.



Gambar 11: Model kerusakan konstruksi pada type rumah beratap pelana berbahan seng, gempa bumi Lombok 2018.

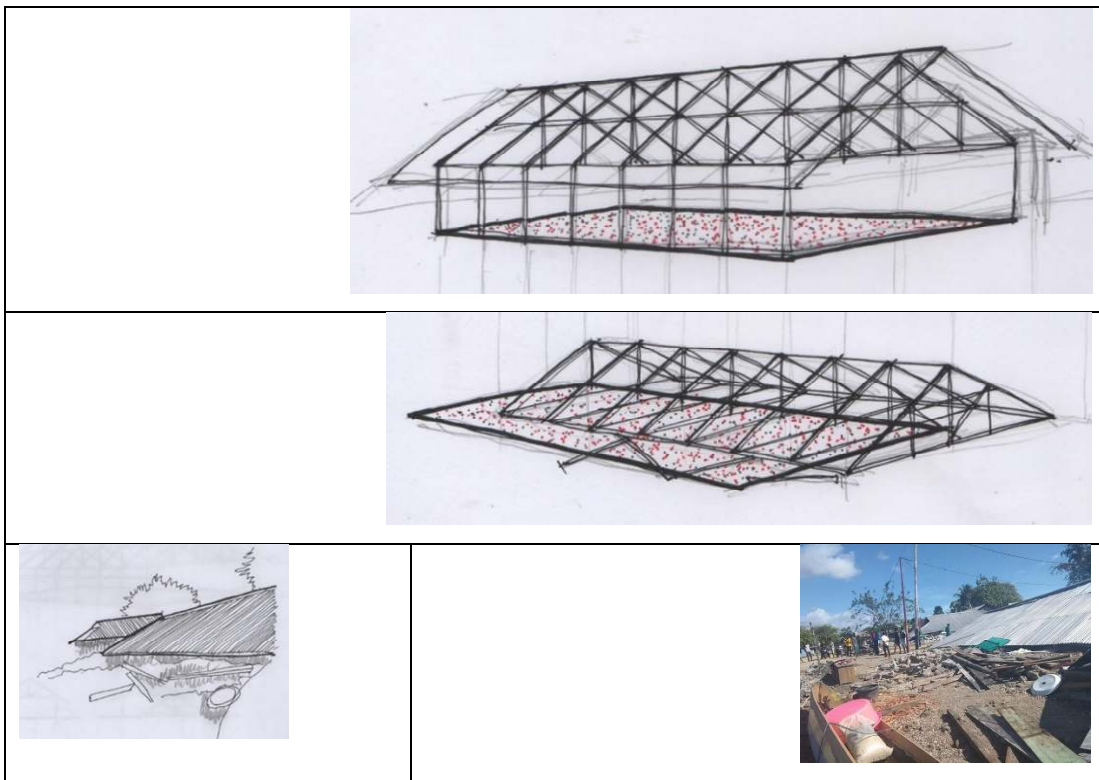
Kasus kedua terjadi pada bangunan rumah tinggal beratap pelana berangka kuda-kuda kayu saat gempa bumi terlempar cukup jauh walau demikian konstruksi kuda-kudanya relatif utuh, hanya mengalami kerusakan pada tumpuan kuda-kuda. Salah satu penyebabnya adalah ruang di bawah atap berbentuk modul empat sendi yang labil terhadap tekanan gempa sehingga roboh.





Gambar 12: Model kerusakan rumah beratap pelana ber ahan asbes gelombang

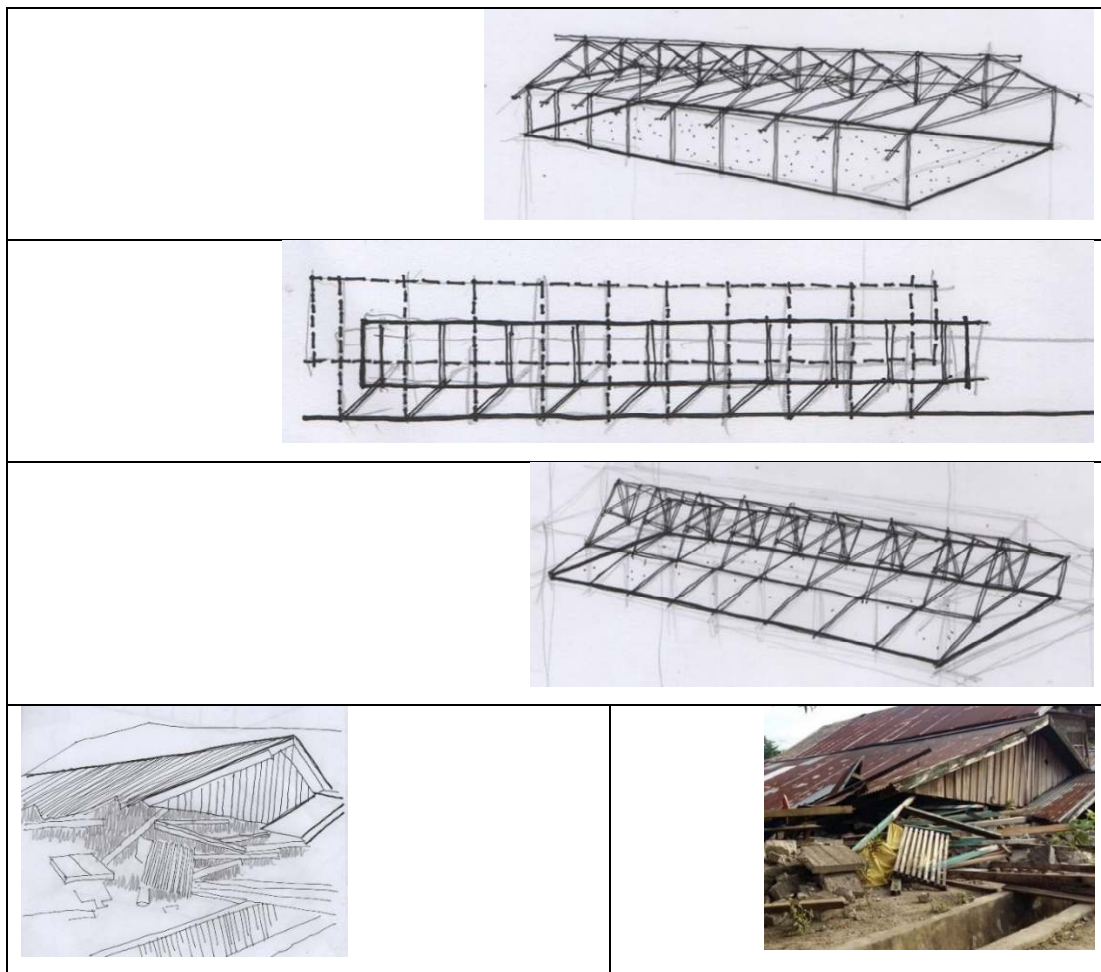
Berikutnya kasus ke tiga type Rumah panjang beratap pelana dengan rangka atap kuda-kuda kayu saat terjadi gempa bumi roboh dengan tidak menyisakan ruang dibawah tumpuan rangka atap, artinya seluruh tiang roboh akiba tidak bisa menahan beban ayun horizontal, meski demikian secara keseluruhan rangka atap tetap utuh. Arah lepas kerangka kuda-kuda menuju ke arah sisi pendek, lepas dari arah goyangan gempa sisi pendek gedung memang cukup rawan.



Gambar 13: Model kerusakan rumah beratap pelana panjang 21 meter (kira kira)

Sistem bentuk struktur bangunan dengan ukuran panjang kasus ini tetap memberi kerusakan struktur kearah sisi pendek, lagi-lagi rangka atap tetap utuh

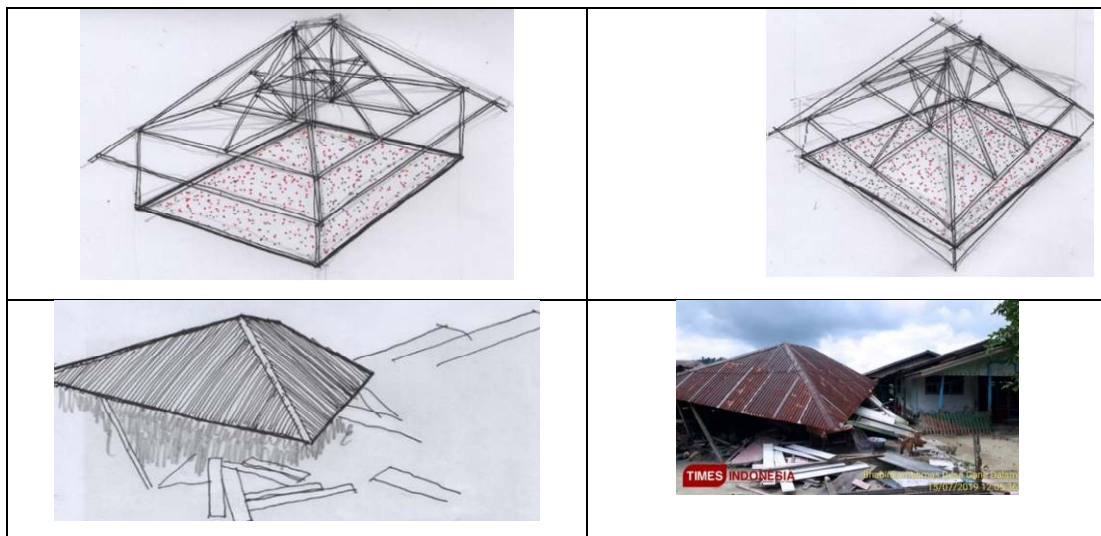
dan kerusakan pada tumpuan kuda-kuda, rangkanya kuat namun seluruh tiang labil karena membentuk empat sendi yang merupakan bentuk struktur yang rapuh. Rapuh karena sistem bentuk struktur beton memiliki kelemahan pada sambungan siku karena tempat pemberhatian pengecoran sehingga keropos. Dengan mengandalkan bentuk struktur portal maka terjadi sistem struktur yang memiliki empat sendi sangat lemah untuk menghadapi gaya horizontal/lateral. Pertemuan antara kolom dengan kuda-kuda menjadi titik lemah karena pusat gaya berada di tengah tengah konstruksi kuda-kuda sementara pegangan yang berada di kedua tumpuan sangat lemah untuk menahan beban pendulum tersebut (gambar 14).



Gambar 14: Model kerusakan rumah beratap pelana panjang 21 meter (kira kira)

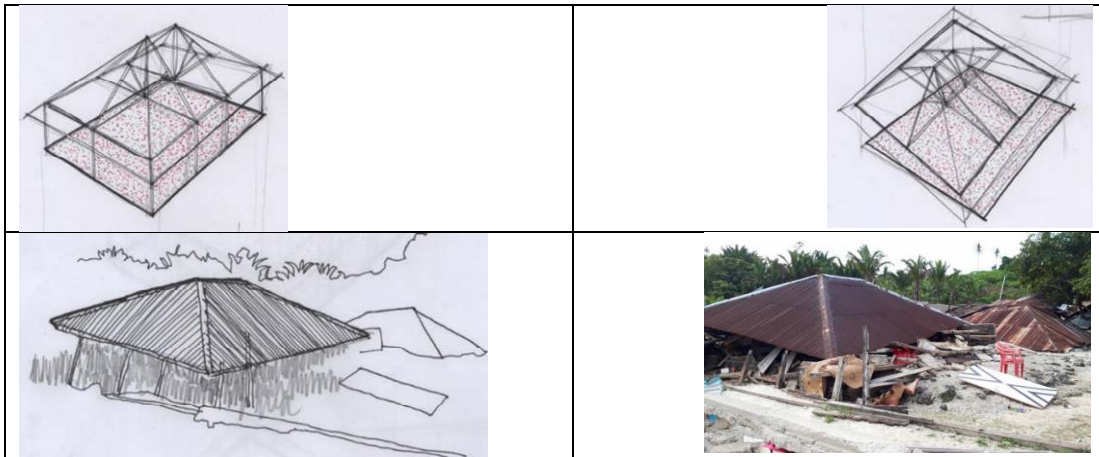
Bentuk berikutnya tipe atap limasan, meski secara struktur lebih stabil menghadap gempa bumi, namun dalam kasus bangunan gempa Lombok (2018)

tidaklah demikian, kekuatan gempa bumi. Struktur konstruksi rangka atap tetap utuh karena secara struktur lebih stabil dibandingkan bentuk atap pelana karena bentuk limasan memiliki kekuatan dua arah sedang pelan memiliki kekuatan horizontal secara satu arah, satu arahnya lemah. Namun mengapa bentuk ini tetap saja mudah roboh terkena hantaman gempa bumi? kita lihat sistem struktur bawahnya, seperti pada bahasan sebelumnya, sistem struktur portal menghasilkan pertemuan empat sendi yang secara struktural lemah berhadapan gaya-gaya horizontal. Bentuk struktur semacam ini meski rangka atapnya kuat menahan gaya horizontal tidaklah menjamin bangunan tidak roboh terkena gempa bumi.



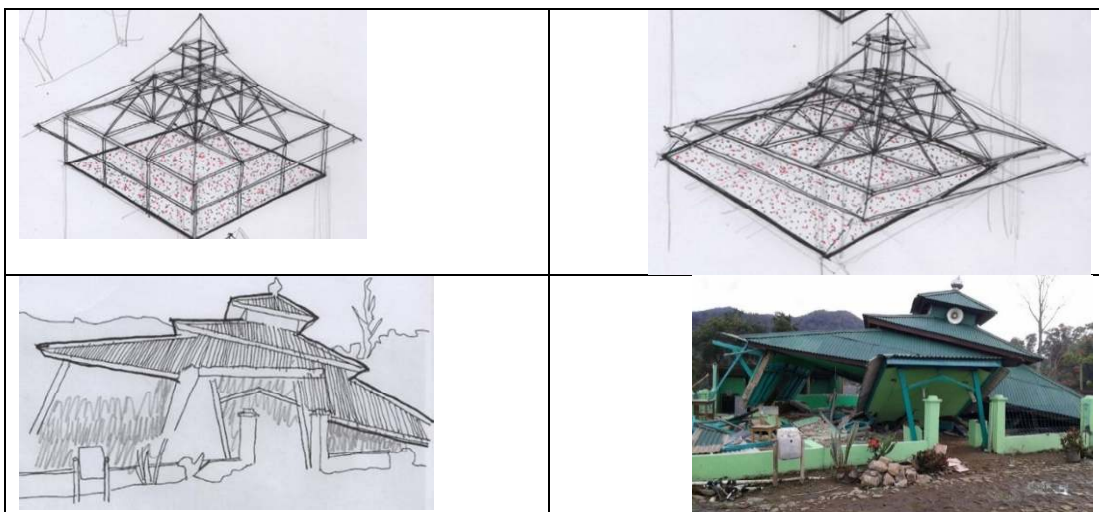
Gambar 15: Model kerusakan rumah beratap limasan berbahan seng Lombok 2018

Kasus berikutnya rumah tinggal dengan atap limasan yang sebelumnya berdiri tegar, juga mengalami keruntuhan diterjang gempa bumi, bentuk atap limasan selalu lebih kaku terhadap guncangan, kaki-kaki berbentuk portal empat sendilah yang membuat atap runtuh karena bentuk struktur demikian mudah roboh karena tidak stabil terhadap guncangan. Bentuk struktur demikian memang menjadi kelaziman dalam pembentukan struktur bangunan rumah terutama rumah tinggal. Hanya bentuk tersebut seolah sudah segalanya sehingga dipercaya oleh masyarakat sehingga menjadi kebiasaan.



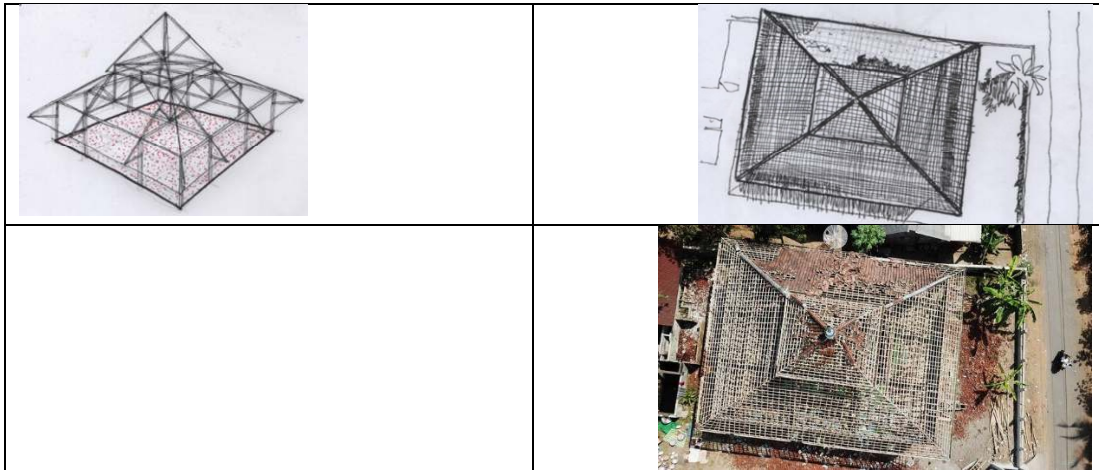
Gambar 16: Model kerusakan rumah beratap pelana berbahan seng Lombok 2018

Contoh kasus berikutnya adalah rumah/masjid tipe atap limasan bujur sangkar bertingkat. Secara konsep bangunan tersebut mengadopsi konsep Jawa, pada peristiwa gempa bumi yang lalu turut roboh. Meski rangka atap tidak mengalami banyak kerusakan namun bagian bawah beberapa tiang penyangga roboh lepas dari ikatan kaki kuda-kuda. Masjid joglo yang bentuk aslinya berupa empat tiang soko guru nampaknya diganti dengan tiang di tepi sehingga bagian tengahnya bebas bentang. konstruksi kuda-kuda joglo ini lebih rigid dari bentuk rangka kasus kasus sebelumnya karena disamping berbentuk bujur sangkar rangka joglo bangunan ini lebih rigid karena adanya konstruksi rangka tumpuk.



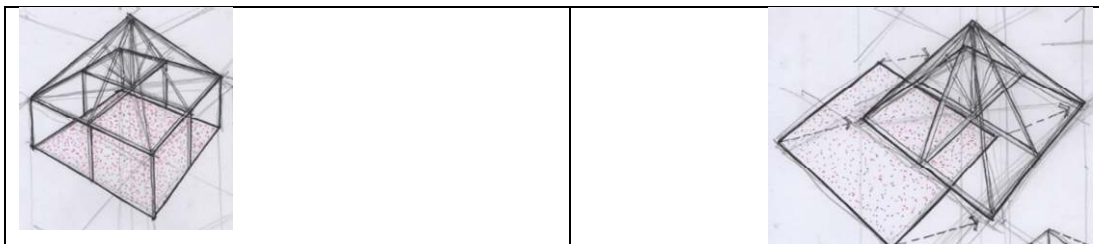
Gambar 16: Model kerusakan Masjid beratap susun dua bujur sangka

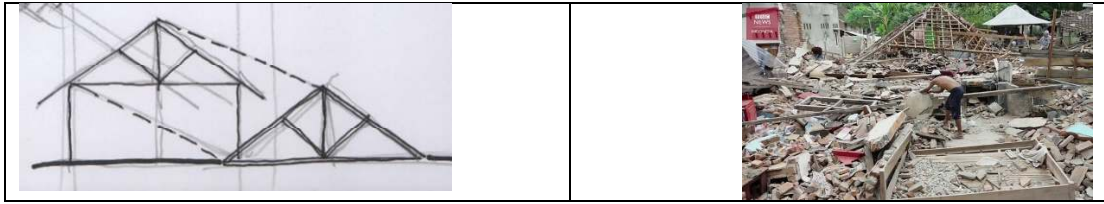
Kasus mirip yakni masjid dengan bentuk bujur sangkar beratap tumpuk saat terkena gempa roboh kebawah dengan kondisi rangka tetap utuh. Kondisi ini terjadi karena rangka bujur sangkar yang relatif kuat menahan dan bentuk atap tumpuk yang semakin menguatkan rangka. Robohnya bangunan diakibatkan oleh ketidak mampuan tiang tiang penyangga menahan beban rangka atap sehingga roboh. Robohnya atap masjid diakibatkan sistem struktur yang menggunakan sistem portal empat sendi.



Gambar 17: Model kerusakan masjid bujur sangkar beratap susun

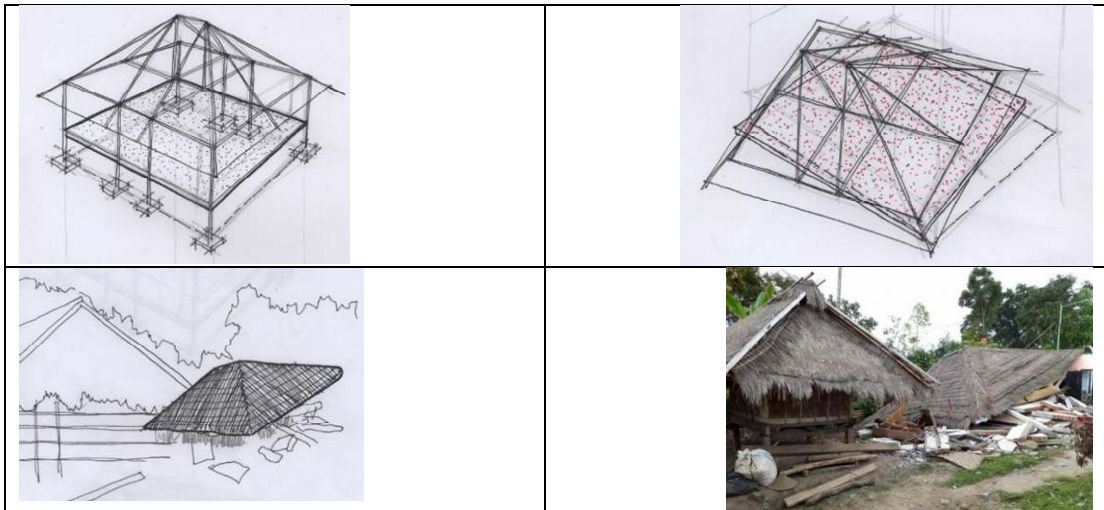
Kasus berikutnya adalah kasus terlemparnya rangka atap akibat dihempas oleh gempa bumi dengan kasus di Jogja. Seluruh rangka atap dalam kondisi agak utuh terlempar jauh dari tumpuannya, ini dikarenakan tiang tiang penyangga disamping tidak kuat menahan beban lateral juga tidak bisa menahan ikatan rangka (gambar 18)





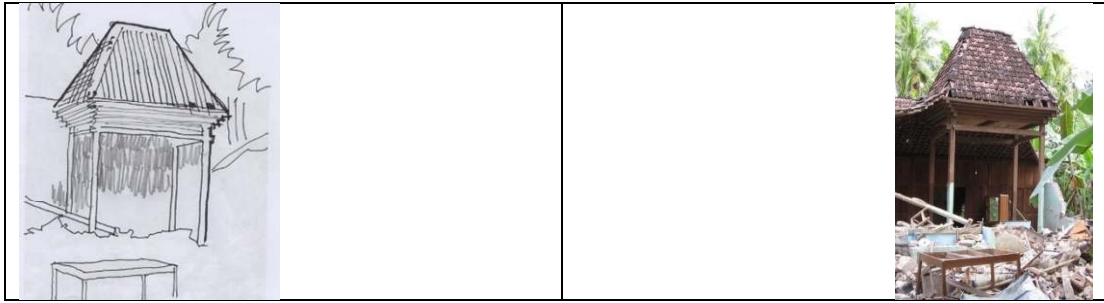
Gambar 18: Model kerusakan rumah bneratap limasan kasus jogja

Kasus berikutnya adalah peristiwa terlemparnya rangka atap beserta dari tumpuannya. Peristiwa ini bisa terjadi karena kuatnya susunan rangka atap dengan lapisan penutup atap. Pada peristiwa ini terlepasnya tiang tiang penyangga dengan rangka atap bisa jadi rangka atap jauh lebih kuat dari rangkaian tiang penyangga, secara logika bila tiang penyangga hanya diletakkan diatas umpak seharusnya tiang ikut terbang bersana rangka. Inilah misteri yang perlu di ungkap secara ilmiah.



Gambar 19: Model kerusakan rumah panggung beratap limasan berbahan struktur bamboo dan beratap ijuk

Sebuah konstruksi soko guru yang ditemukan utuh diantara puing puing gempa bumi di Bantul. Pada peristiwa ini menunjukkan bahwa sistem struktur bangunan joglo berhasil bekerja secara baik sesuai konsep yang digunakan yakni dengan menempatkan tumpeng sari sebagai pusat pengendalian kekuatan sehingga pada skala tertentu bagian konstruksi sekunder roboh namun konstruksi primernya tetap dapat dipertahankan (gambar 19).



Gambar 20: Model kerusakan rumah Joglo (kasus Gempa Bantul)

4.2. Pembahasan

Dari beberapa kasus robohnya rumah diterjang gempa bumi maka yang perlu dilihat adalah mengapa bisa terjadi, dimana saja kerusakan, mengapa tumpuannya lepas? mengapa rangkanya relatif utuh?

Rumah pada umumnya sesuai kasus terdiri atas dinding sebagai pelindung ruang dan penutup atap sebagai penangas agar tidak kepanasan saat matahari terik menerpa dan peneduh saat hujan. Pada beberapa kasus umumnya bentuk bangunan menggunakan rangka penutup atap berbentuk rangkaian kuda-kuda, sedang bentuk kuda-kuda segi tiga sama kaki dengan tumpuan di kedua kaki kuda-kuda. Sedang dinding menggunakan tiang tiang penyangga kuda-kuda yang secara berurutan kaki kuda-kuda menumpu pada tiang penyangga, trus turun ke lantai. Bila dirunut maka ada dua bagian struktur satu tiang penyangga dan kedua struktur rangka atap. Pada struktur rangka atap terdiri beberapa kuda-kuda yang dirangkai menjadi bentuk atap pelana ataupun limasan.

Pada masing-masing ujung kaki kuda kuda berfungsi sebagai batang penumpu pada tiang bangunan ataupun dinding bangunan. Pada kondisi normal dengan bentuk kuda-kuda segitiga sama kaki maka pusat beban berada di tengah kuda-kuda karena resultant ada di tengah sedang kedua tumpuan kuda-kuda merupakan batang tumpu namun bentuknya mengecil dan menerima beban maksimal di kedua tumpuan. Setelah diterima di masing masing tiang/tembok maka akan di salurkan bagian bawah tiang/tembok, secara teori dikedua tumpuan kuda-kuda berbentuk jepit/sendi dan di tiang penyangga bagian bawah secara teori

berbentuk jepit kalau berbahan beton dan sendi bila berbahan kayu. Meski demikian di kedua tumpuan dalam prakteknya kurang stabil karena konstruksinya rawan beban tekuk. Secara teori membentuk portal dengan dua jepit dua sendi, namun secara prakteknya dikeempat sudut portal yang terjadi adalah sendi. Dengan terjadinya gempa bumi maka dikeempat sudut tersebut mudah roboh oleh beban atap rigid dengan beban di tengah. Beban di tengah kuda-kuda mengandung arti beban tetap atap bukan beban sentris maupun eksentri, ini yang menyebabkan seluruh tiang terkena beban eksentris yang akan mudah goyah ketika terjadi beban kejut lateral seperti gempa bumi.

BAB V

KESIMPULAN

Setelah membahas permasalahan gempa bumi dengan kasus rumah tinggal beratap miring berbahan genteng maka dapat disimpulkan:

1. Ciri-ciri kerusakan konstruksi atap akibat gempa bumi terletak pada kedua tumpuan rangka atap akibat tidak dapat menahan gaya horizontal yang menerpa rangka kuda-kuda. Ciri berikutnya kerusakan struktur kolom.
2. Kerusakan terjadi karena bentuk segi tiga rangka atap selalu menambah rigid di bagian tengah dan lemah pada kedua tumpuannya karena beban dari tengah rangka tidak dapat di diterima dengan kuat oleh tumpuan yang merupakan beban titik yang labil terhadap gaya lateral. Titik yang labil akibat gaya lateral di perlemah oleh system rangka kolom yang memiliki perlemahan di empat titik.

DAFTAR PUSTAKA

Ildham, Noor Cholis (2014) Prinsip-prinsip Desain Arsitektur Tahan Gempa
Penerbit Andi, Yogyakarta.

Frick. Heinz. Mulyani. (2006) Bedoman Bangunan tahan gempa. Penerbit Kanisius
& LMB, Semarang, Yogyakarta.

Schodek L. Daniel (1999), Struktur Penerbit Erlangga, Jakarta.

Frick Heinz. Setiawan. (2001) Ilmu konstruksi struktur bangunan. Penerbit Kanisius
& Soegijapranata University Press, Semarang – Yogyakarta.

Prijotomo, Josef (2006) Arsitektur Jawa. Wastu Lanas Grafika, Surabaya.

LUARAN

1. Penyaji pada Seminar medan 2 Nopember 2019 (Sepuluh Penyaji Terbaik)



2. Penyaji pada Seminar Medan 23 Januari 2020



3. Penyaji pada Seminar Pokja Struktur dan Konstruksi IPLBI Program S3 ITB Bandung 01. Pebruari 2020



4. Penyaji Bedah karya UKDW 08 Pebruari 2020



5. Penyaji Webinar Bedah karya UKDW dengan tema JD 16 Mei 2020



6. Penyaji Pembahas Webinar Kelangsungan Arsitektur Nusantara Unika 08 Mei 2020



7. Penyaji Webinar seri 03 UHO. 04 Juni 2020

WEBINAR
Kebinekaan Arsitektur Nusantara
Seri 03 - Nasional

ANDY RAHMAN, IAI
"Kebudayaan Arsitektur Nusantara"

I. Ch. Koesniantoro, MT, IAI
"Mengungkap Jejak-Demi Kekuasaan
Kebudayaan Nusantara"

Dr. Ir. Pasowati Dewi, MT
"Kebudayaan Arsitektur Nusantara
Demi Arsitektur Nusantara Nusantara"

Kamis, 4 Juni 2020
09.30 - 12.00 WIB

Pendaftaran: https://bit.ly/3bamb_Arkaar 4000
FREE KUOTA TERBATAS

Donasi 25K
Untuk Pasukan arsitektur / ke-1 / ke-1
Demi. Dengan. Dengan. Dengan. Dengan.
Untuk Pasukan arsitektur / ke-1 / ke-1
082277488 (08) 1212121212121212
https://bit.ly/3bamb_Arkaar 25K

"Menimba Ilmu Sambil Beramal"

8. Shelter Unpar (Gustav Anandhita)



9. Penyaji Webinar Teras IPLBI seri 03 tanggal 10 Juli 2020 (rencana)



10. Penyaji Webinar kajian Konsep ruang Nusantara berdasarkan Aplikasi Parametric (Ch. Koesmartadi & Gustav Anandhita) UKDW. 01.08.2020

11. Penyaji Webinar Univ of Science and Technology of Macao tanggal 23 Agustus 2020 (rencana)