

## KAJIAN TERHADAP STRUKTUR RANGKA ATAP KAYU RUMAH TAHAN GEMPA BANTUAN P2KP

Danoë Iswanto

### ABSTRAKSI

*Indonesia adalah negara kepulauan dengan tingkat resiko terhadap gempa bumi yang cukup tinggi, hal ini disebabkan karena wilayah kepulauan Indonesia berada di antara 4 (empat) sistem tektonik yang aktif. Yaitu tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Filipina dan lempeng Pasifik. Di samping itu Indonesia adalah negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang di dunia sehingga selain rawan terhadap gempa juga rawan terhadap tsunami.*

*Gempa bumi 27 Mei 2006 telah memporak-porandakan daerah istimewa Yogyakarta dan sebagian Jawa Tengah. Gempa bumi dengan kekuatan 6,3 Skala Richter tersebut terjadi pada pagi hari pukul 06.55, dengan durasi 52 detik. Karena gempa berasal dari kedalaman yang relatif dangkal yaitu 33 km di bawah permukaan tanah, maka guncangan di permukaan bumi lebih dahsyat dari pada gempa yang terjadi pada lapisan yang lebih dalam. Maka terjadi kerusakan yang cukup besar khususnya Kabupaten Bantul di Propinsi Yogyakarta dan Kabupaten Klaten di Propinsi Jawa Tengah. Gempa tersebut telah mengakibatkan lebih dari 5000 jiwa meninggal dan 3700 orang luka-luka.<sup>1</sup>*

*Pengetahuan tentang gempa bumi penting bagi masyarakat agar masyarakat memahami akibatnya dan membangun rumah yang tahan gempa untuk mengurangi risiko ketika getaran gempa menerpa bangunan. Pada pembahasan kali ini akan lebih ditekankan pada kajian perencanaan struktur atap terhadap gempa.*

### KAJIAN TEORI STRUKTUR ATAP RUMAH TAHAN GEMPA

#### Struktur Kuda-Kuda Atap

Struktur adalah susunan atau pengaturan bagian-bagian gedung yang menerima beban atau konstruksi utama dari bangunan tanpa mempedulikan apakah konstruksi tersebut kelihatan atau tidak

kelihatan. Struktur bangunan umumnya terdiri atas konstruksi pondasi, dinding, kolom, pelat lantai, dan kuda-kuda atap.

Kuda-kuda atap adalah konstruksi (salah satu contoh; kayu) yang terdiri dari balok melintang (yang menerima gaya tarik), balok sebagai penopang atau tiang (yang menerima gaya tekan) guna menyangga dari gording dan kasau serta pelapis atap.

Walaupun atap itu ringan, pengaruh luar terhadap konstruksi dan penutupnya baik terhadap suhu (sinar matahari), cuaca (air hujan dan kelembaban udara), serta keamanan terhadap gaya horizontal (angin dan gempa) dan kebakaran harus tetap dijamin.

ada konstruksi atap terdapat bahan bangunan utama seperti salah satu contohnya; kuda-kuda kayu. sedangkan sebagai bahan penutup adalah genting flam, genting pres, sirap, seng gelombang, serta genting atau pelat semen berserat. Konstruksi yang dipilih maupun bahan penutup akan mempengaruhi atau menentukan kemiringan atap<sup>2</sup>.

#### Filosofi Bangunan Tahan Gempa

Bila terjadi Gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah, dsb) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dsb). Bila terjadi Gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak<sup>3</sup>.

### PENGETAHUAN KAYU SEBAGAI BAHAN BANGUNAN STRUKTUR ATAP

<sup>2</sup> Heinz Frick, Sistem bentuk struktur bangunan hlm. 26

<sup>3</sup> Direktorat Jenderal Pekerjaan Umum, Perencanaan Rumah Sederhana Tahan Gempa hlm. 1-2

<sup>1</sup> ([www.gempajogja.com](http://www.gempajogja.com))

### Pengenalan Jenis Kayu

Kayu sampai saat ini masih banyak dicari dan dibutuhkan orang. Pilihan atas suatu bahan bangunan tergantung dari sifat-sifat teknis, ekonomis dan dari keindahan. Jika pemilihan kayu sebagai bahan bangunan maka perlu diketahui sifat-sifat kayu, dalam hal ini kayu akan digunakan sebagai material pembuatan kuda-kuda konstruksi atap.

Dari segi manfaatnya bagi kehidupan manusia, kayu dinilai mempunyai sifat-sifat umum, yaitu sifat yang menyebabkan kayu selalu dibutuhkan. Sifat-sifat utama tersebut antara lain ;

Kayu merupakan sumber kekayaan alam bisa digunakan sebagai bahan baku untuk konstruksi atap.

Kayu merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang lain. Dengan kemajuan teknologi, kayu sebagai bahan mentah mudah diproses menjadi barang lain

Kayu tidak mempunyai sifat-sifat spesifik yang tidak bisa ditiru oleh bahan-bahan lain. misalnya kayu mempunyai sifat elastis, ulet, mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus dengan seratnya atau sejajar seratnya dan masih ada sifat-sifat lain lagi. Sifat-sifat seperti ini tidak dipunyai oleh bahan-bahan baja, beton, atau bahan-bahan lain yang bisa dibuat oleh manusia.

Konstruksi atap kayu mempunyai sifat-sifat yang menarik, meskipun ada juga rintangannya karena tradisi tukang kayu. Sifat-sifat yang menguntungkan itu ialah :

- Bobotnya yang ringan, sehingga menentukan beban pada konstruksi atap.
- Kekuatannya terhadap gaya tarik, gaya tekan dan momen lengkung.
- Harganya yang hemat dan murah, kemungkinan mendapatkan dan mengangkutnya dengan cepat.
- Ringan dan sekaligus tepatnya dalam pengerjaan dengan mesin dan alat sederhana.
- Dalam beberapa keadaan, kelemahan kayu sebagai bahan bangunan antara lain Mudahnya terbakar, Kecenderungannya berubah bentuk (mengembang, menyusut,

melengkung, dan retak-retak karena pengeringan), Mudahnya kena pembusukan dan serangan hama.

Tetapi di samping itu sudah didapat cara dan jalan mengurangi dan mengatasi kekurangan / kelemahan ini melalui perawatan dan pengerjaan kayu secara khusus.

Untuk mengenal dan menentukan suatu jenis kayu, dapat dilihat dengan memperhatikan sifat-sifat kayu seperti kulit, warna kayu teras, arah serat dan sebagainya.

Dan jenis kayu yang biasa digunakan untuk konstruksi atap kayu adalah jenis kayu kamfer, jati, bengkirai, keruing.

### Bagian-Bagian dari Atap

#### *Nama Bagian dari Atap<sup>4</sup>*

Bubungan ialah sisi atap yang teratas. Selalu dalam kedudukan datar kebanyakan juga menentukan arah bangunan.

Tiris atap atau bagian atap terbawah, menentukan sisi atap yang datar.

Garis penahan atap, pada tambahan kasau miring atau pada atap Mansard, garis pertemuan antara dua bidang atap yang berbeda kemiringannya. Harus sejajar dengan garis atap tiris atap. Jadi juga datar.

Jurai luar, ialah bagian yang tajam pada atap, berjalan dari garis tipis atap sampai bubungan, pada pertemuan dua bidang atap sudut bangunan ke luar.

Jurai dalam, ialah bagian yang tajam pada atap, juga berjalan dari garis tipis atap sampai bubungan, pada pertemuan dua bidang atap pada sudut bangunan ke dalam.

Titik pertemuan jurai dan bubungan, tempat bertemunya tiga bidang atap atau lebih.

Bubungan penghubung miring, garis jurai pada bidang-bidang atap yang bertemu. Terjadi pada bangunan, yang tinggi bubungannya berbeda letaknya. Menghubungkan dua titik pertemuan jurai dan bubungan.

<sup>4</sup> Heinz frick. Ilmu konstruksi bangunan kayu hlm. 39

### Jenis-jenis Pelapis Atap<sup>5</sup>

Pelapis atap sangat berperan penting bagi struktur atap, guna pelapis atap atau kulit pelindung kuda-kuda atap dan isi rumah di dalam bangunannya. Pelindung terhadap hujan, sinar matahari, panas dan cuaca lainnya. Jenis pelapis atap yang bisa digunakan :

- Atap Rumbia
- Atap Asbes semen
- Atap Sirap
- Atap Seng
- Atap Genteng Flam
- Atap Seng Gelombang
- Atap Genteng pres
- Atap Datar Kertas
- Atap Genteng Beton
- aspal

### Atap Sebagai Komponen Bangunan

#### Fungsi Konstruksi Atap<sup>6</sup>

Arti dan fungsi konstruksi atap ialah sebagai pelindung manusia terhadap cuaca. Dinding dapat ditinggikan. Tetapi tidak mungkin menghapuskan atap, kenapa kita kehilangan tujuan suatu bangunan. Sebuah bangunan dibagi-bagi oleh atap menjadi rumah, menjadi bagian rumah, menjadi volume yang jelas, menjadi kesatuan yang dapat diidentifikasi. Atap memiliki fungsi yaitu sebagai berikut:

- Melindungi bangunan dari sinar panas matahari atau pun cuaca.
- Mencegah masuknya debu atau air hujan sekaligus sebagai penyejuk udara secara alamiah
- Menyediakan tempat teduh, segar, dan nyaman serta p
- Perlindungan bagi penghuninya. Atap miring berfungsi utama sebagai penerus air hujan, oleh karena itu kemiringan atap ini tergantung jenis penutup atap yang dipakai. Seng dan penutup atap lembaran lainnya dapat digunakan dengan kemiringan yang rendah karena tidak khawatir terjadinya air meluap balik. Sedangkan penutup atap jenis kecil seperti genteng dan sirap mempunyai kemiringan yang tinggi untuk mengalirkan air hujan. Bentuk atap miring ini terdiri dari beberapa macam

antara lain pelana, limas ataupun tajuk. Bentuk-bentuk ini dapat dikombinasikan sehingga membentuk bentukan yang unik. Pemilihan bentuk juga harus dikaitkan dengan sistem lain termasuk penghawaan dan pencayaan bangunan.

### Sistem Konstruksi Atap

Konstruksi atap berdasarkan pada struktur bangunan yang dipilih. Hubungan timbal-balik antara konstruksi atap dengan dinding atau kolom yang menerima beban (struktur bangunan primer) membentuk ruang di dalam bangunan.

Konstruksi atap pada struktur bangunan masif dan sebagai pembentuk ruang di dalamnya.

Konstruksi atap pada struktur bangunan rangka dan sebagai pembentuk ruang di dalamnya.

Tiga bagian utama dalam menentukan terhadap perletakan bangunan yang tepat :

Radiasi matahari (sinar cahaya dan sinar panas)

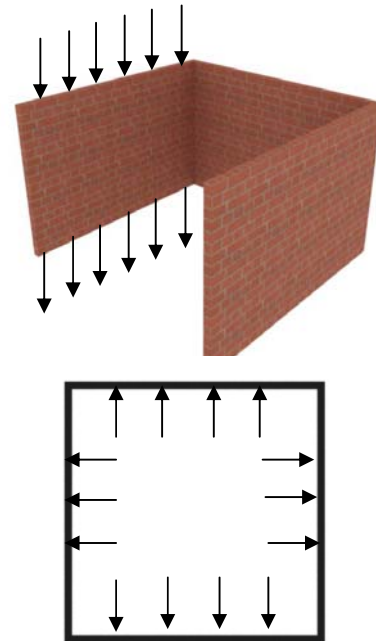
Tindakan perlindungan

Arah dan kekuatan angin serta topografi.

Struktur pada dinding atau ruangan

struktur masif

bearing wall structure / struktur dinding pemikul.



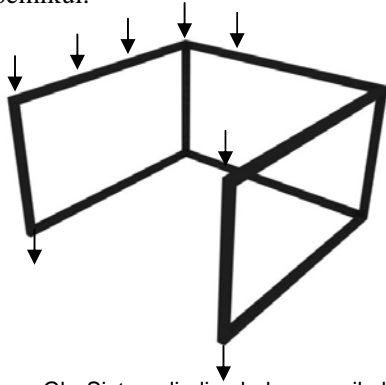
Gbr. Sistem dinding pemikul  
( Sumber. Mata kuliah struktur & konstruksi 1 )  
Dinding berfungsi sebagai pembatas ruang dan dinding struktur : beban-beban di atas (misal

<sup>5</sup> Heinz Frick. Ilmu konstruksi bangunan kayu hlm. 40

<sup>6</sup> Heinz Frick, Sistem bentuk struktur bangunan hlm. 130

atap) disalurkan ke pondasi melalui dinding. Dapat terjadi bila penyebaran beban dari atas disalurkan melalui dinding (elemen di atas ditumpu pada seluruh bidang dinding).

Struktur Rangka  
Non bearing wall structure/ struktur dinding bukan pemikul.



Gbr. Sistem dinding bukan pemikul  
( Sumber. Mata kuliah stuktur & konstruksi 1 )

Fungsi dinding sebagai pembatas ruang, bukan fungsi struktur  
Fungsi kolom (kolom structure) sebagai penyalur beban dari atas (atap) ke pondasi – ke tanah  
Fungsi balok ring (ring balk) dan balok sloff sebagai pengikat kolom  
Fungsi kolom praktis (bila ada) sebagai kolom perkuatan dinding (bukan fungsi struktur)

Konstruksi kuda-kuda kayu  
Konstruksi kuda-kuda kayu umumnya merupakan suatu konstruksi penyanggah atau pendukung utama dari atap. Konstruksi kuda-kuda kayu mempunyai syarat tidak boleh berubah bentuk, terutama jika sudah berfungsi. Beban-belan atap yang harus diterima konstruksi kuda-kuda kayu melalui gording-gording yang sedapat mungkin disalurkan / diterima tepat pada titik buhul. Dengan demikian rangka batang dapat bekerja sesuai dengan perhitungan besarnya gaya batang dan juga batang tersebut tidak terjadi tegangan lentur melainkan hanya terdapat tegangan normal tekan dan tarik.

*Struktur Rangka Atap Kuda-Kuda Kayu*  
Kuda-kuda kayu adalah balok kayu dengan ukuran tertentu yang dirakit dan dibentuk sehingga membentuk segitiga sama kaki. Kuda-kuda diletakkan pada beton ring balk bersudut tertentu dengan fungsi sebagai

pembentuk model atap bangunan, tumpuan balok gording, rangka atap kaso, reng dan atap genteng.  
Struktur rangka dibuat dari kayu atau sebagai struktur atap primer yang menyalurkan beban atap maupun beban angin kepada tumpuan (pelat dinding atau kolom masing-masing)<sup>7</sup>.

**PERKUATAN LAIN PADA RUMAH TAHAN GEMPA**

Dalam hal ini yang perlu diperhatikan untuk membuat struktur atap yang tahan gempa adalah membuat seluruh elemen rumah menjadi satu kesatuan yang utuh, yang tidak lepas atau runtuh akibat gempa. Terutama pada sambungan konstruksi pondasi, konstruksi dinding dan konstruksi atapnya.

**Konstruksi Dinding dan Kolom**

Kolom berfungsi sebagai pemikul beban dan menyalurkan beban ke pondasi. Kolom bangunan sederhana tahan gempa minimal harus memenuhi persyaratan berikut:  
Ukuran kolom minimal 12 x 12 cm.  
Tebal selimut beton 2.5 cm.  
Diamater minimum tulangan utama yang digunakan adalah 12 mm.  
Jarak sengkang pada daerah tumpuan lebih rapat dari pada sengkang pada daerah tengah bentang (jarak < 15 cm).  
Tulangan Utama pada kolom harus dibengkokkan ke arah pondasi dan balok sepanjang 40D guna memenuhi panjang penyaluran untuk bangunan tahan gempa.  
Untuk meningkatkan kesatuan elemen dan mencegah agar dinding tidak lepas saat terjadi gempa maka angkur harus dipasang dari kolom ke dinding.  
Kolom harus diangkurkan pada pondasi.  
Sengkang harus memiliki seismic hook (bengkokan) sepanjang 6D (baca pembengkokan tulangan) dan diameter tulangan sengkang minimal yang digunakan adalah 8 mm.  
Kolom harus dilot dengan bantuan benang dan besi pemberat

**Sambungan Balok dan Kolom**

Sambungan adalah elemen yang sangat penting dalam desain dan konstruksi bangunan tahan gempa. Kegagalan atau keutuhan bangunan

<sup>7</sup> Heinz frick. Sistem bentuk struktur bangunan hlm. 134

pasca gempa ditentukan oleh kualitas sambungan. Agar bangunan memiliki performa yang baik saat menerima beban gempa, maka harus dipenuhi beberapa syarat sambungan balok dengan kolom berikut:

Kolom dicor sebagai satu kesatuan dengan balok sloof dan balok beton.

Sambungan balok kolom harus menerus (tidak boleh putus tepat di daerah yang disambung) dan memperhatikan panjang penyaluran yang cukup.

Panjang penyaluran dan panjang penyambungan tulangan yang cukup adalah 40D.

Sengkang yang dilengkapi dengan seismic hook dipasang lebih rapat di daerah sambungan.

Tulangan utama balok sebaiknya lurus, tidak dibengkokkan ke dalam kolom.

Tulangan utama kolom sebaiknya lurus, tidak dibengkokkan untuk jalur pipa

Konstruksi rangka atapnya juga harus diikat ke balok dan kolom sehingga mengurangi resiko pergeseran apabila terjadi gempa. Selain itu pada konstruksi atapnya diberi balok penopang sehingga beban atap dapat ditopang secara merata.

## TINJAUAN RUMAH TAHAN GEMPA P2KP

### Rekonstruksi Pasca Gempa

#### Rumah Tahan Gempa Bantuan P2KP (Proyek Penanggulangan Kemiskinan Perkotaan)

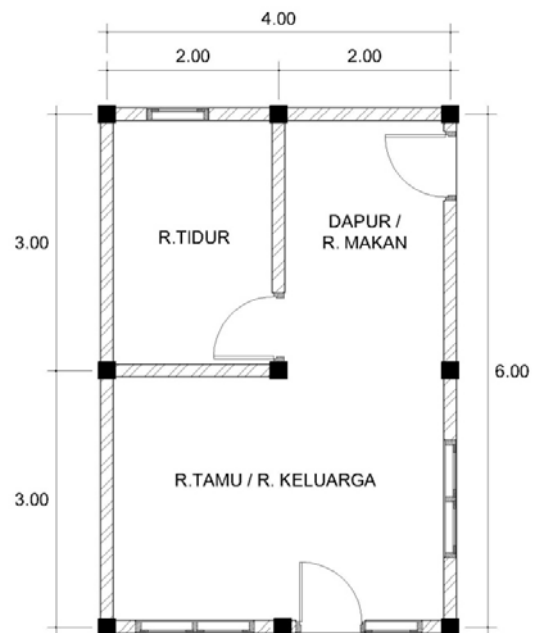
Bantuan P2KP memprioritaskan untuk membangun rumah pada desa atau kelurahan yang menjadi binaan P2KP. Selain memberikan bantuan dana pada masing-masing kecamatan / kelurahan, P2KP juga memberikan "Rumah Contoh Tahan Gempa". Rumah Contoh P2KP dibagi menjadi 3 tipe bangunan, yaitu tipe 21, tipe 24 dan tipe 36. Besar bantuan untuk masing-masing rumah sebesar Rp.20.000.000,00 untuk semua tipe bangunan rumah. Rumah P2KP ini salah satunya terletak di desa Pluneng, desa Basin, desa Karangduren Kec. Kebonarum.

#### Rumah tipe 24

Studi kasus pertama adalah rumah P2KP dengan tipe 24 terletak di desa Basin Kec. Kebonarum.



Gbr. Rumah P2KP tipe 24  
(Sumber: foto pribadi Bp. Sukawi)



Gbr. Denah Rumah P2KP tipe 24

Rumah percontohan untuk tahan gempa P2KP dengan tipe 24 m<sup>2</sup> hanya memiliki 3 ruang yaitu r.tamu/r.keluarga, dapur/r.makan, dan ruang tidur. Dengan keterbatasan lahan maka ruang-ruang yang seharusnya dibutuhkan (lavatory, r.tidur) oleh penghuni tidak dapat terpenuhi.

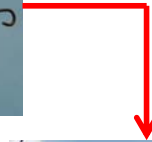
**Perkuatan pada Rumah Tahan Gempa tipe 24**  
**Pondasi dan Sloof**



Angkur sebagai penikat



Angkur dikaitkan pada tulangan sloof kemudian



Begitu juga tulangan pada kolom tengah gunungan, dimana tulangan over diikatkan atau dikaitkan pada sela-sela beugel balok. Kemudian dicor bersama-sama.



**Struktur Atap**

Atap pada rumah P2KP tipe 24 ini terdiri dari 1 kuda-kuda dan 2 gunungan. Berikut adalah gambar kuda-kuda pada rumah percontohan. Struktur Kuda-Kuda Kayu

**Kolom**



Pengankuran kolom dengan pasangan dinding bata dengan jarak ± 30 cm



Gbr. Foto Kuda-kuda rumah Percontohan tahan gempa P2KP tipe 24 (Sumber: foto pribadi Bp. Sukawi)

**Menggunakan kuda-kuda bentang 4 m**



Pada sambungan ini, sambungan antar kayu diikat dengan balok kunci 8/10 kemudian dibaut pada masing-masing ujungnya dan dijepit dengan plat jepit besi yang melingkar pada balok kayu.

Pada sambungan ini, antar balok tarik dan tekan juga memiliki perkuatan sambungan berupa baut d 12 mm, yang diikatkan melingkar sambungan dan dikunci dengan plat jepit besi diatasnya.

**Balok**



Ring Balk dan kolom, tulangan saling dikaitkan dan sebagian kolom dicor bersamaan dengan balok.

### Struktur Kuda-Kuda Kayu dengan Bangunan



Antara kuda-kuda kayu dengan struktur bangunan diperkuat dengan balok pengikat 3/12 secara menyilang. Untuk memaku pada gunungan, balok kayu dipaku dengan baut pada gunungan sebagai sandaran balok pengikat.



Tulangan pada tiap-tiap kolom sengaja dilebihkan agar bisa ditautkan atau dilingkarkan pada balok struktur atap (murplat).

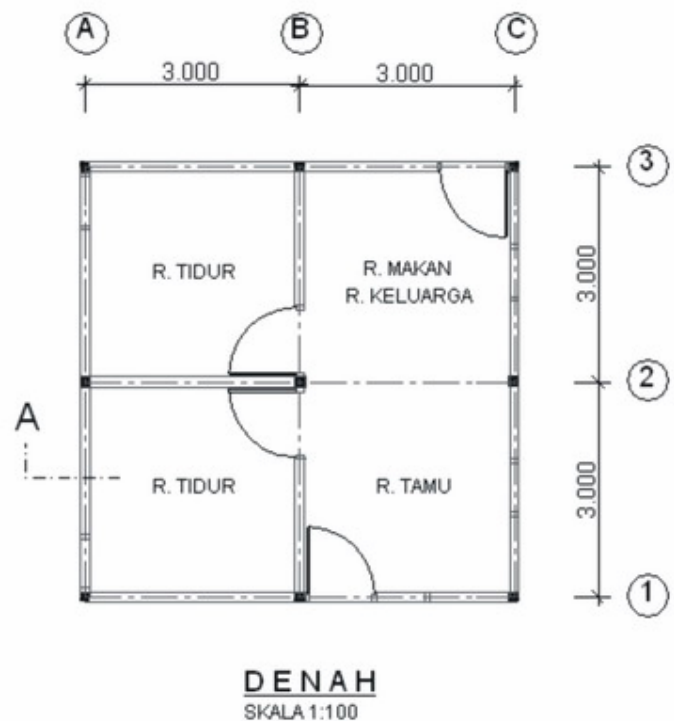
### Rumah tipe 36

Studi kasus kedua adalah contoh rumah P2KP tipe 36 milik Tini Sarno di desa Karangduren, Kecamatan Kebonarum.



Gbr. Rumah P2KP tipe 36  
(Sumber: foto pribadi Bp. Sukawi)

Pada dasarnya semua tipe rumah memiliki desain struktur yang sama dari pondasi, sloof, kolom dan ring balk. Semua struktur saling ditautkan satu sama lain dan beberapa bagian di cor bersama-sama.



Gbr. Denah Rumah contoh tipe 36

Pada rumah percontohan P2KP dengan tipe 36 terdiri atas 2 kamar tidur, ruang tamu dan ruang keluarga yang bisa dikondisikan menjadi dapur/ruang makan.

Sama halnya dengan struktur pada rumah tipe 24, rumah tipe 36 ini juga menggunakan type kuda-kuda yang sama namun dengan bentang yang berbeda, yaitu bentang kuda-kuda 6 m.

Klasifikasi bantuan rumah percontohan Ada tiga klasifikasi bantuan rumah percontohan yang diberikan pemerintah pasca gempa, yaitu :

### 1. Rumah bantuan P2KP

Rumah bantuan P2KP itu sendiri terbagi menjadi 3 tipe.  
Tipe 21; Tipe 24; Tipe 36

**2. Rumah contoh Temporary shelter**



Gbr. Foto rumah contoh Temporary Shelter  
(Sumber: foto pribadi Bp.Sukawi, 2009)

**3. Rumah Bantuan lain**



Gbr.3.22. Foto rumah contoh Bantuan Lain  
(Sumber: foto pribadi Bp.Sukawi, 2009)

**ANALISA TERHADAP STRUKTUR ATAP RUMAH TAHAN GEMPA P2KP**

**Analisa Kerusakan pada Rumah yang Terkena Gempa**

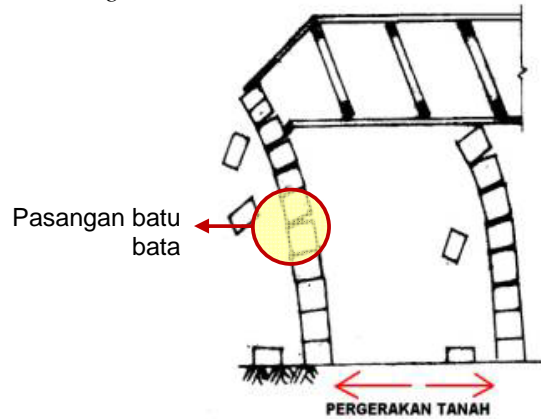
**Struktur pada Dinding**

Sebagian besar rumah yang mengalami kerusakan berat / parah berada pada daerah yang masih jauh dari modern, dimana rumah-rumahnya kebanyakan masih tradisional, memiliki ketebalan dinding 2x lipat dari dinding ½ bata, untuk daerah dibawah ini dinding menggunakan pasangan batu belah dengan campuran perekat masih menggunakan batu kapur, dan kemungkinan ada yang belum menggunakan perekat semen sehingga dapat diperkirakan ketahanan terhadap gerakan tanah.



Gbr.Rumah tradisional yang rusak parah  
( Sumber. foto pribadi Bp.Sukawi )

Kerusakan ini tampak sekali terlihat pada sudut-sudut pertemuan dinding, kebanyakan mengalami pembelahan bahkan roboh total karena tidak adanya perkuatan struktur. Hal ini dikategorikan struktur dinding pemikul / Bearing Wall Structure



Gbr.. Dinding yang tidak stabil ketika mengalami pergerakan tanah  
( Sumber. Prinsip-prinsip utama konstruksi tahan gempa )

Seperti yang dijelaskan pada tinjauan teori yang diambil dari materi kuliah Struktur dan Konstruksi 1. Dinding pada rumah-rumah tradisional yang roboh merupakan struktur Bearing Wall. Dimana dinding menyalurkan beban dari atap ke pondasi, sehingga seluruh beban dari atas ditumpu oleh dinding. Sedangkan dinding pemikul ini tidak memiliki perkuatan atau pengaku. Kelemahan struktur bearing wall adalah tidak mempunyai perkuatan antar bidang dinding sehingga paling lemah terhadap gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa.

**Struktur pada Atap**

Atap yang roboh kebanyakan karena struktur dinding (struktur dinding pemikul) sebagai penyangga kuda-kuda roboh dan tidak ada perkuatan atau pengaku antara struktur atap dengan dinding.





Gbr. Struktur Atap yang hanya tersisa balok Nok  
( Sumber. foto pribadi Bp.Sukawi )

Gambar diatas menunjukkan partikel dari struktur atap yang tidak solid dan hanya tersisa balok nok, padahal dinding sebagai penyangga struktur atap masih berdiri kokoh. Hal ini dikarenakan karena perkuatan antar struktur kuda-kuda kayu kurang memperhatikan pengikat pada sambungannya.



Gbr. Struktur Atap yang roboh beserta dinding pemikulnya  
( Sumber. foto pribadi Bp.Sukawi )

Kondisi diatas terjadi ketika dinding itu sendiri tidak memiliki kekuatan terhadap gerakan tanah sehingga roboh, sedangkan struktur atap juga tidak dilengkapi pengaku dengan dinding pemikul.

### **Pentingnya Perkuatan Vertikal dan Horizontal pada Rumah Tahan Gempa**

Rangka/ikatan horisontal pada rumah tembokan digunakan untuk meningkatkan kekuatan bangunan saat terjadi gempa. Ikatan horisontal tersebut meliputi sloof, balok ikat di atas kosen pintu-jendela, balok ikat tetap (di atas tembok), dan balok ikat kuda-kuda. Meski telah diperkuat dengan balok ikat, kekuatan rumah tembokan bisa berkurang banyak dengan adanya lubang/bukaan pada tembok

Saat gempa mengguncang, dinding rumah tembokan dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian /panel, dinding bagian atas, tengah dan bawah. Perhatikan rumah dibawah ini. Rumah tersebut memiliki balok kusen dan sloof. Karena atapnya miring, balok ikat atas juga dibuat. Saat tanah berguncang gaya inersia menyebabkan bagian panel tembok lepas dari bagian atas dan bawahnya. Masing-masing panel bergerak ke kiri-kanan dengan

tumpuan pada ujung-ujung diagonalnya. Gerakan tersebut dapat meremukkan sudut panel tembok. Bila tembok ramping dan ringan, goyangan tersebut dapat terjadi, sedangkan bila tidak akan terbentuk retak geser berbentuk huruf X yang umum dijumpai pada rumah tembokan. Pada rumah tembokan tanpa perkuatan, luas tampang tembok pada bagian yang ada bukaan berkurang. Saat terjadi gempa, bangunan mungkin bergeser pada bagian bawah atap, di bawah balok ikat di atas kosen atau di dekat sloof. Letak geseran tersebut tergantung berbagai faktor seperti berat bangunan, gaya inersia gempa, luas bukaan, dan jenis kosen pintu-jendela.

Pemasangan perkuatan vertikal dengan kolom di pojok dinding dan mengikatnya ke pondasi dan balok ikat akan memaksa bangunan melentur, bukannya bergoyang. Pada tiang yang lebih kuat, perkuatan vertikal menahan gaya gempa horisontal dan mengurangi retak-X. perkuatan yang ukurannya mencukupi dapat bertahan terhadap gaya gempa. Perkuatan vertikal juga melindungi dinding dari bergeser atau roboh.

### **Perlindungan bukaan pada dinding**

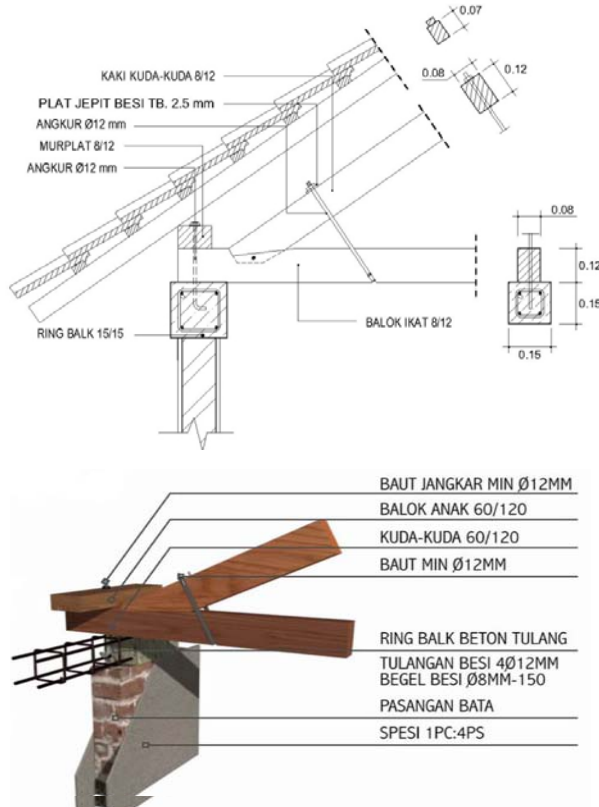
Kerusakan karena geser jarang terjadi. Tetapi, kerusakan yang paling sering dijumpai pada rumah tembokan adalah retak-X pada panel dinding dan retakan miring di pojok lubang pintu-jendela. Saat dinding dengan bukaan mengalami deformasi saat terjadi gempa, bentuk bukaan menjadi menceng, dua sudut lubang yang berseberangan saling menjauh dan lainnya saling mendekat. Pada kondisi deformasi semacam ini sudut yang saling mengikat akan retak. Semakin besar lubang, semakin besar retakan yang akan terjadi. Batang besi pada dinding yang dipasang sekeliling lubang dapat mengurangi retak disudut lubang. Ringkasnya, balok ikat di atas dan bawah lubang serta perkuatan vertikal di sekitar lubang memberi perlindungan tembok dari kerusakan.

### **Perkuatan Sambungan pada Kuda-Kuda Sederhana Rumah Tahan Gempa**

Dalam hal ini yang perlu diperhatikan untuk membuat struktur atap yang tahan gempa adalah membuat seluruh elemen rumah menjadi satu

Elemen kuda-kuda kayu pada prinsipnya sama saja dengan elemen bangunan beton. Elemen

bangunan terdiri atas elemen vertikal dan horizontal. Agar bangunan dapat bekerja dengan baik, elemen yang paling penting adalah sambungan.



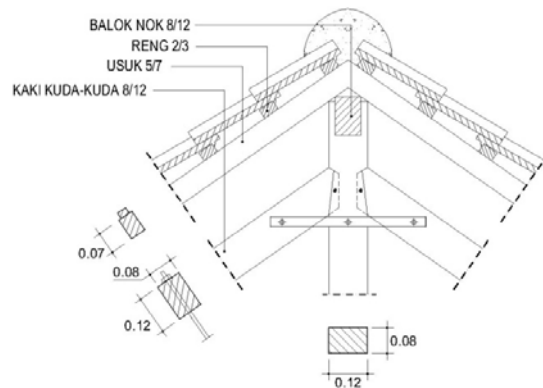
Gbr.Detail sambungan 1 kuda-kuda kayu  
( Sumber. Analisa Tim dan Pedoman teknis pembangunan rumah tahan gempa )

Pada sambungan di section ini, antara batang kuda-kuda diikat dengan kuat. Hal ini agar struktur dapat menahan gerakan secara horizontal maupun vertikal. Selain batang diikat dengan sambungan kayu yang dipaku dengan pen kayu, batang juga diikat dengan baut yang melingkar sambungan dan dikunci dengan plat jepit besi agar batang terikat kuat sehingga apabila bergeser maka bergeser secara bersama-sama.



Gbr.Detail sambungan 2 kuda-kuda kayu  
( Sumber. Analisa Tim dan Pedoman teknis pembangunan rumah tahan gempa )

Pada sambungan di section ini, sama seperti di sambungan sebelumnya antara batang kuda-kuda diikat dengan kuat. Ditambah dengan balok pengunci sebagai pengunci batang tarik dan batang tekan, pada balok pengunci dan batang tarik sambungan menggunakan sambungan bibir berkait. Dan diperkuat dengan baut berjumlah 4 dengan diameter minimal 12 mm. Kemudian untuk mengikat antar batang jadi satu kesatuan ikatan, maka seperti sambungan sebelumnya antar batang dijepit dengan plat jepit besi secara vertikal maupun horisontal.



Gbr. Gambar Sambungan 3  
Rumah P2KP tyoe 36

Pada sambungan di section ini, sama seperti sambungan di section lainnya, antara batang kuda-kuda diikat dengan kuat. Selain batang diikat dengan sambungan kayu yang dipaku dengan pen kayu, batang juga diikat dengan plat jepit besi agar batang terikat kuat sehingga apabila bergeser maka bergeser secara bersama-sama.

### Perkuatan Struktur Kuda-Kuda dengan Struktur Bangunan

Struktur bangunan menggunakan struktur rangka menerus, Non bearing wall structure/ struktur dinding bukan pemikul.

Fungsi dinding sebagai pembatas ruang, bukan fungsi struktur

Fungsi kolom (kolom structure) sebagai penyalur beban dari atas (atap) ke pondasi – ke tanah

Fungsi balok ring (ring balk) dan balok sloff sebagai pengikat kolom

Fungsi kolom praktis (bila ada) sebagai kolom perkuatan dinding (bukan fungsi struktur)

Struktur kuda-kuda kayu juga harus menjadi satu kesatuan dengan struktur rangka bangunan. Karena rangka bangunan memiliki material yang berbeda dengan struktur atap kayu maka untuk mengikat struktur atap dengan struktur rangka bangunan diperlukan sebuah pengait. Yaitu besi tulangan pada tiap kolom ditautkan melingkar pada bidang yang bersinggungan dengan kayu (gording).

### Proses Pemilihan Konstruksi Atap Kayu Pada Bangunan Tahan Gempa

Untuk konstruksi bangunan persyaratan teknis yang harus dimiliki bangunan, diantaranya: kuat, keras, berukuran besar dan mempunyai keawetan alam yang tinggi. Jenis-jenis kayu yang dapat digunakan untuk konstruksi adalah: kayu besi, balau, bangkirai, belangeran, cengal, giam, jati, kapur, kempas, keruing, lara, rasamala. Biasanya bahan kayu yang sering dipakai untuk konstruksi rangka atap tahan gempa adalah kayu besi dan kayu jati.

#### Konstruksi Atap Kuda-kuda Kayu

Pemilihan kuda-kuda sebagai konstruksi atap adalah pada segi pengerjaan yang mudah jika dibandingkan konstruksi atap kasau. Selain itu segi kekuatan struktur, karena semua bagian kuda-kuda diikat dengan plat dan baut maka resiko konstruksi kuda-kuda roboh sangat kecil. Selain itu, cocok apabila menggunakan penutup atap asbes atau sejenisnya karena tidak memakai kasau/usuk.

Pada atap yang roboh biasanya sering terjadi kerusakan pada sambungan kuda-kuda yang tidak cukup kuat, stabil, seimbang dan penggunaan material yang tidak tepat.

Hal ini dapat terlihat pada suatu kuda-kuda yang diberi beban. Beban tersebut disalurkan sebagai gaya tekan maupun tarik dalam batang masing-masing, tetapi kuda-kuda berikutnya tidak bisa mendukungnya, dan gaya horizontal tidak bisa diterima pula.

Pada kasus ini yang menopang atap adalah dinding dan kolom. Apabila dinding dan kolom tidak stabil atau terjadi goncangan maka

konstruksi kuda-kuda atap akan bergerak sehingga akan terjadi kerusakan pada konstruksinya. Selain itu konstruksi atap akan roboh apabila memiliki kekuatan terhadap gaya horizontal. Seberti gambar berikut ini:

Jika konstruksi atap tersebut di perkuat dengan suatu konstruksi rangka batang persegi panjang di tengah atau di bidang atapnya, kuda-kuda ini akan menyebarkan gaya yang dibebani lebih seragam dan gaya horizontal dapat diterima pula. Dalam hal ini dinding mempunyai tumpuan pada konstruksi kuda-kuda atap. Apabila dinding bergeser kuda-kuda atap pun ikut bergeser.



Gbr. Bangunan dengan konstruksi kuda-kuda sejajar  
( Sumber. [www.gempajogja.com](http://www.gempajogja.com) )

### Metode Teknis Struktur Atap Tahan Gempa

#### Pembangunan Struktur Atap dari Kayu

Dalam hal ini yang perlu diperhatikan untuk membuat struktur atap yang tahan gempa adalah membuat seluruh elemen rumah menjadi satu kesatuan yang utuh, yang tidak lepas atau runtuh akibat gempa. Terutama pada sambungan konstruksi pondasi, konstruksi dinding dan konstruksi atapnya.

Dalam hal ini pada konstruksi rangka atapnya harus diikat ke balok dan kolom sehingga mengurangi resiko pergeseran apabila terjadi gempa. Selain itu pada konstruksi atapnya diberi balok penopang sehingga beban atap dapat ditopang secara merata.

Pada titik simpul sambungan kayu diberi baut dan tulangan yang dikaitkan.

Untuk menjaga kestabilan pada konstruksi atap bangunan tempat tinggal sebaiknya menggunakan plat pengikat dan sambungan

kayu yang diberi baut sehingga menjaga keseimbangan pada kuda-kudanya.

Diameter baut dan jangkar yang digunakan minimal 12 mm.

Penutup atap yang digunakan hendaknya dari bahan yang ringan namun layak digunakan.

## **KESIMPULAN**

Pada rumah tahan gempa, tidak perlu menggunakan material-material yang mahal dan sulit didapat khususnya bagi struktur atap. Penggunaan kuda-kuda kayu sederhana dengan pengerjaan dan pemahaman yang tepat dapat dipastikan memperkecil resiko kerusakan total bangunan akibat gaya lateral yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Beberapa hal yang dapat kita ambil kesimpulan dari analisis diatas antara lain :

- Struktur bangunan harus merupakan struktur *non bearing wall* dengan struktur rangka yang menjadi satu kesatuan struktur
- Menggunakan rangka kuda-kuda kayu yang saling terkait dengan struktur bangunan khususnya perkuatan dengan arah gaya vertikal dan horizontal merupakan solusi bangunan tahan gempa
- Secara keseluruhan rumah contoh dari P2KP masih merupakan standar pembangunan rumah tahan gempa. Namun pada pelaksanaannya masih ada sedikit kesalahan teknis pembangunan mengingat begitu banyak yang telah dibangun oleh pihak P2KP

## **SARAN**

Pemakaian kuda-kuda kayu sebagai struktur rangka atap kayu rumah tahan gempa masih merupakan solusi yang tepat jika dilihat dari segi ekonomi, kemudahan dan penyesuaian terhadap gaya yang diakibatkan oleh gempa jika dibandingkan dengan material struktur atap lain seperti ; baja, beton maupun bambu.

Rumah tahan gempa yang dibangun oleh pemerintah (P2KP) sebagai rumah contoh, harus dipikirkan dari segi kenyamanan,kebutuhan ruang bagi penghuni dan terutama keandalan bangunan terhadap gempa bumi dengan skala yang lebih besar

Struktur atap pada rumah tahan gempa pada dasarnya sangat sederhana, namun yang perlu diperhatikan adalah hubungan satu kesatuan yang kuat antara konstruksi atap dengan struktur bangunan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Departemen Pekerjaan Umum, (2006). *Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta.

Direktorat Jendral Pekerjaan Umum, Perencanaan Rumah Sederhana Tahan Gempa. Jakarta.

Heinz Frick dan Tri Hesti Mulyani, ( 2006 ). *Pedoman Bangunan Tahan gempa*. Kanisius. Yogyakarta.

Heinz Frick dan LMF Purwanto, ( 1998 ).*Sistem Bentuk Struktur Bangunan*. Kanisius. Yogyakarta.

Heinz Frick, ( 1980 ). Ilmu konstruksi Bangunan 2. Kanisius. Yogyakarta.

Heinz Frick, ( 1982 ). Ilmu konstruksi Bangunan Kayu. Kanisius. Yogyakarta.

Felix Yap, K.H, (1965). *Konstruksi Kayu*. Trimitra. Bandung.

Sumber-sumber lain :

<http://help.jogja.net/gempa-jogja/2006/06/016/kegiatan-pasca-gempa>  
[www.hyogo.uncr.or.jp](http://www.hyogo.uncr.or.jp)  
[www.gempajogja.com](http://www.gempajogja.com)  
[www.strukturumah.com](http://www.strukturumah.com)