DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
FAKULTAS KEHUTANAN INSTITUT PERTANIAN BOGOR
DEPARTEMEN HASIL HUTAN
Kampus IPB Darmaga PO BOX 168 Bogor 16001 Alamat Kawat FAHUTAN Bogor
Phone : (0251) 621285, Fax : (0251) 621256 - 621 285, E-mail : dhh@ipb.ac.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : 72 /K13.5.3/TU/2007

Yang bertandatangan dibawah ini Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB, menerangkan bahwa Hasil Penelitian/Karya Ilmiah dengan Judul "**Pembangunan Rumah Contoh Tahan Gempa Untuk Daerah Bencana Dengan Sistem Pre-Pabrikasi**"

Penulis :
Dr.Ir. Nareswiro Nugroho, MS
Dr. Lina Karlinasari, S.Hut., MSc.F.

Penerbit :
Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat IPB (LPPM-IPB)

sebagai Laporan Akhir Penelitian dalam rangka kegiatan Pemberdayaan Masyarakat (PKM) sebagaimana terlampir, telah tercatat dan tersimpan di Perpustakaan Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bogor, 28 MAR 2007
Ketua,

Dr.Ir. Dede Hermawan, MSc
NIP. 131 950 984

LEMBAGA PENELITIAN DAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

TANDA TERIMA

SUDAH TERIMA DARI : Ina Kartinasari S.Hut. MSc.F

PERIHAL : Lap. Akhir LPM 2006

BANYAKNYA : 3 eks dijilid
5 eks lepas

Bogor, 15/11/ 2006
Yang Menerima,

DANYANTO
(....)

LAPORAN AKHIR
KEGIATAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT
(KPM)

PEMBANGUNAN RUMAH CONTOH TAHAN GEMPA UNTUK DAERAH BENCANA DENGAN SISTEM PRE-PABRIKASI

Tim Pelaksana :

Lina Karlinasari (Ketua Pelaksana)
Naresworo Nugroho (Anggota)

DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2006

Lembar Pengesahan

Judul KPM	:	**Pembangunan Rumah Contoh Tahan Gempa Untuk Daerah Bencana Dengan Sistem Pre-Pabrikasi**
Nama Ketua Pelaksana	:	Lina Karlinasari., S.Hut.MSc.F
Lokasi Kegiatan	:	Fakultas Kehutanan IPB
Nama Laboratorium	:	Laboratorium Keteknikan Kayu
Nama Departemen	:	Hasil Hutan
Tanggal mulai kegiatan	:	1 Mei 2006
Tanggal kegiatan selesai	:	15 November 2006
Besar biaya	:	Rp. 10.720.000,- (Sepuluh juta tujuh ratus dua puluh ribu rupiah)

Bogor, 15 November 2006

Ketua Kegiatan

Lina Karlinasari, S.Hut., MScF.
NIP. 132 206 244

Mengetahui,
Ketua Departemen Hasil Hutan,
Fakultas Kehutanan IPB

Ir. Jajang Suryana, MSc.
NIP. 131 414 987

Ketua LPPM IPB

Prof.Dr.Ir. Rizal Syarief S, DESS
NIP 130 367 108

KATA PENGANTAR

Laporan Akhir berjudul "Pembangunan Rumah Contoh Tahan Gempa Untuk Daerah Bencana dengan Sistem Pre-Pabrikasi" ini disusun sebagai tanggung jawab dari penerimaan dana Penelitian Kegiatan Pemberdayaan Masyarakat (KPM) pada Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Pada Masyarakat (LPPM) IPB.

Laporan Akhir ini berisi hasil dari pembangunan rumah contoh yang dimulai sejak bulan Mei 2006 untuk persiapan, kemudian pembangunan rumah Juli-September 2006, hingga tahap akhir dari pekerjaan yang diselesaikan hingga November 2006. Adapun letak dari Rumah Contoh Tahan Gempa ini adalah di belakang sudut Gedung Utama Fakultas Kehutanan IPB.

Semoga laporan ini dapat berguna memberikan gambaran tentang rumah tahan gempa. Akhirnya ucapan terimakasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian hingga tersusunnya laporan ini.

Bogor, November 2006

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia memerlukan rumah sebagai tempat tinggal, berlindung dari cuaca dan binatang buas, serta bertahan hidup dari bencana alam, seperti gempa bumi. Frekuensi gempa di Indonesia cukup tinggi. Untuk mengurangi timbulnya kerusakan bangunan akibat gempa, sudah semestinya bangunan yang ada di Indonesia – termasuk rumah tinggal – dibangun dengan memperhitungkan kemungkinan adanya gempa.

Bangunan yang rusak akibat gempa jumlahnya tidak sedikit seperti akibat gempa yang terjadi 27 Mei 2006 lalu di Yogyakarta dengan skala 5,9 Richter. Menurut data yang dihimpun oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Bantul sampai tanggal 6 Juni 2006, jumlah rumah yang rusak total atau rubuh diperkirakan mencapai 71.482 unit (Tabloid Rumah, 2006).

Pada dasarnya bangunan dikatakan tahan gempa, bila elemen struktur bangunan tersebut kuat terhadap semua beban yang diterimanya termasuk gempa. Tidak hanya kuat, struktur bangunantersebut juga harus bisa berdeformasi ketika gempa. Artinya, ketika gempa terjadi, bangunan harus bisa mengikuti gaya gempa yang diterimanya dan mengalami lendutan besar tanpa ada elemen struktur yang patah. Elemen struktur bangunan harus dibuat daktail. Maksudnya, sekalipun terjadi kerusakan, elemen itu tidak boleh mengalami penurunan kekuatan. Struktur bangunan rumah dari kayu merupakan salah satu contoh bangunan yang daktail, sehingga sewaktu gempa terjadi, struktur bangunan tetap utuh dibandingkan dengan rumah dari tembok.

1.2. Tujuan

Kegiatan ini bertujuan untuk membangun rumah tahan gempa yang *knock down* dan cukup kokoh sehingga secara optimal dapat memenuhi seluruh persyaratan bangunan perumahan. Desain bangunan rumah ini dilakukan secara **pre-fabrikasi** atau komponen-komponennya dijadikan *home industry*. Karena sifat *knockdown*-nya diharapkan produk ini dapat dikirimkan dengan segera ke daerah-daerah yang membutuhkan, khususnya daerah yang sedang dilanda bencana.

1.3. Sasaran Kegiatan

Sasaran pembangunan rumah tahan gempa pre-fabrikasi ini adalah dapat menjadi alternatif dalam memilih rumah tahan gempa yang telah banyak ada di pasaran. Selain itu, juga memperkenalkan pemanfaatan jenis kayu cepat tumbuh *(fast growing species)* untuk keperluan konstruksi rumah.

1.4. Manfaat Kegiatan

Manfaat kegiatan berupa rumah contoh dasar dari rumah tahan gempa yang *knock* down. Desain bangunan rumah dilakukan secara **pre-fabrikasi.** Pembangunan rumah tahan gempa ini juga melibatkan mahasiswa, yang dalam hal ini dianggap sebagai tenaga terampil dalam masalah pertukangan, selain beberapa tukang yang memang ahli dalam masalah pertukangan.

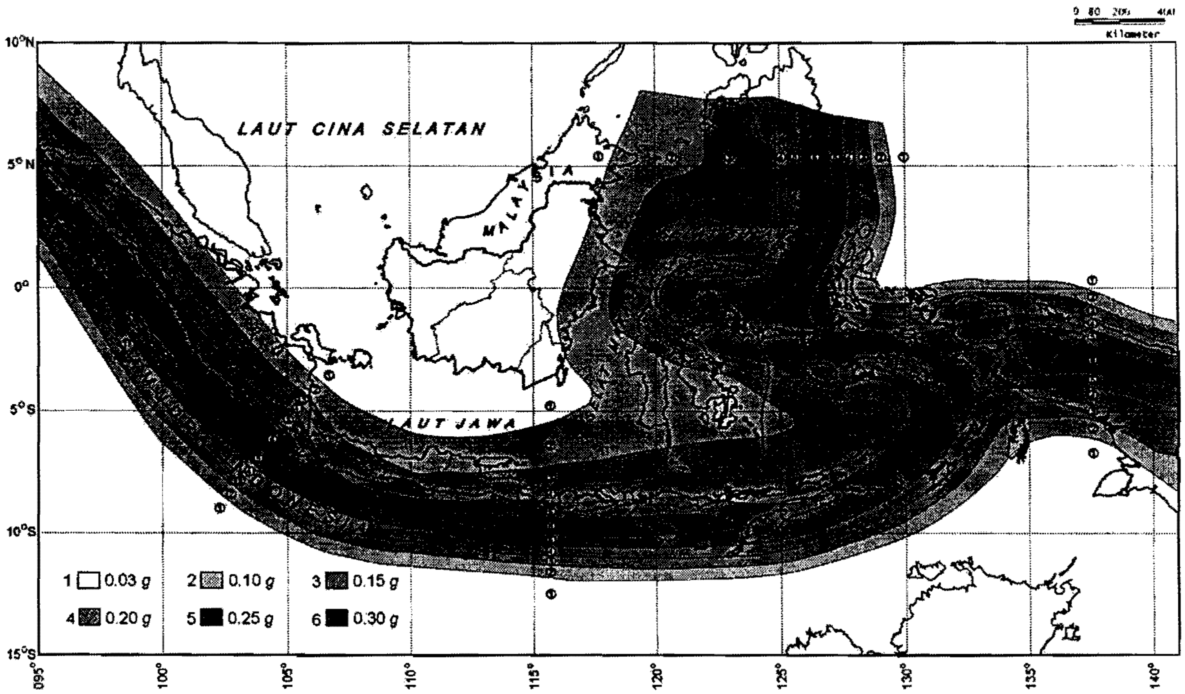
II. KERANGKA PEMIKIRAN

2.1 Gempa Bumi

Gempa merupakan peristiwa alam berupa gerakan tanah setempat akibat pergerakan tektonik kerak bumi, yang kejadiannya bersifat probabilistik, artinya bila ditinjau suatu kurun waktu tertentu, probabilitas untuk terjadinya dalam kurun waktu itu, adalah semakin besar untuk gempa yang semakin ringan dan semakin kecil untuk gempa yang semakin kuat. Dikatakan secara lain, gempa ringan mempunyai perioda ulang yang relatif pendek, sedangkan gempa kuat relatif panjang.

Untuk perencanaan ketahanan gempa struktur gedung, menurut Standar Nasional Indonesia SNI 03-1726-2002 harus ditinjau suatu Gempa Rencana yang menunjukkan gerakan tanah setempat dengan perioda ulang 500 tahun. Gerakan tanah setempat yang merupakan dasar bagi perencanaan ketahanan gempa struktur gedung, pada umumnya dinyatakan dalam percepatan puncak muka tanah, dan gerakan muka tanah ini terjadi akibat perambatan gelombang gempa dari batuan dasar di bawahnya. Gelombang gempa yang merambat dari kedalaman batuan dasar ke muka tanah mengalami pembesaran. Semakin lunak tanah yang terdapat di atas batuan dasar, semakin kuat pembesarannya.Sebagai daerah sumber gempa, telah ditinjau semua sumber gempa yang telah tercatat dalam sejarah kegempaan Indonesia, baik sumber gempa pada zona subduksi, sumber gempa dangkal pada lempeng bumi, maupun sumber gempa pada sesar-sesar aktif yang sudah teridentifikasi (Wangsadinata, 2002).

Dalam Peta Wilayah Gempa Indonesia (Gambar 1) dapat dilihat, bahwa Indonesia terbagi dalam 6 wilayah gempa, di mana Wilayah Gempa 1 adalah dengan kegempaan yang paling ringan dan Wilayah Gempa 6 dengan kegempaan yang paling kuat. Percepatan puncak rata-rata di batuan dasar untuk masing-masing wilayah gempa mulai dari Wilayah Gempa 1 s/d 6, adalah berturut-turut 0,03 g, 0,10 g, 0,15 g, 0,20 g, 0,25 g dan 0,30 g.



Gambar 1. Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan perioda ulang 500 tahun.

2.2 Rumah Tahan Gempa

Pada dasarnya, yang dimaksud dengan bangunan tahan gempa bukan berarti bangunan itu tidak akan rubuh bila ada gempa. Bangunan tahan gempa memiliki tiga kaidah sebagai berikut (Pulslibangkim Permukinan, 2004):

1. Bila terjadi gempa ringan bangunan tidak akan mengalami kerusakan baik pada elemn struktur (kolom, balok, atap, dinding, dam pondasi) maupun pada elemen non struktur (genteng dan kaca).
2. Bila terjadi gempa berkekuatan sedang, bangunan bisa mengalami kerusakan hanya pada elemen non-struktur. Sedangkan elemen strukturnya tidak boleh rusak.
3. Bila terjadi gempa berkekuatan besar, bangunan bisa mengalami kerusakan, baik pada elemen struktur maupun elemen strukturnya. Namun kedua elemen tersebut tidak boleh membahayakan penghuni yang ada di dalam bangunan. Penghuni harus mempunyai waktu untuk menyelamatkan diri sebelum bangunan runtuh.

Batasan dalam perencanaan dan pelaksanaan bangunan rumah sederhana tahan gempa :

1. Denah bangunan sebaiknya sederhana, simetris dan tidak terlalu panjang.
2. Konstruksi atap bangunan harus menggunakan bahan yang ringan dan sederhana.
3. Pondasi, sebaiknya tanah kering, padat, dan merata kekerasannya, dibuat menerus keliling bangunan tanpa terputus, pondasi stempat perlu diikat kuat satu sama lain dengan memakai balok pondasi.

2.3 Persyaratan Rumah Kayu Pre-Pabrikasi

Rumah sebagai tempat tinggal, harus memenuhi 6 (enam) persyaratan, yaitu : tahan cuaca, tahan organisme perusak, tahan gempa, mudah di bongkar dan di pasang kembali, aman dan nyaman dihuni serta memnuhi estetika dan kaidah arsitektural (Surjokusumo dan Nugroho, 2006).

Tahan Cuaca

Rumah merupakan tempat berlindung bagi manusia dari berbagai peristiwa alam sehari-hari. Sebagai perisai terhadap kondisi alam, bangunan rumah menerima hamparan cuaca secara langsung. Panas dan hujan silih berganti menerpa bangunan rumah menimbulkan gaya-gaya internal yang berakibat pada pergerakan dan pergeseran komponen bangunan akibat perubahan suhu dan kadar air. Peristiwa ini terjadi secara terus-menerus sepanjang waktu sehingga secara signifikan mempengaruhi umur bangunan. Salah satu bangunan yang tahan terhadap cuaca adalah bangunan kayu. Beberapa bangunan di Indonesia seperti Keraton, Istana, dan Masjid-masjid tua telah berumur ratusan tahun tanpa mengalami kerusakan yang berarti. Perawatan yang baik telah terbukti mampu memperpanjang umur bangunan.

Tahan organisme perusak.

Lebih dari 60% komponen bangunan di Indonesia terbuat dari kayu. Komponen tersebut bisa berupa komponen struktural seperti kuda-kuda atap, kolom, dan balok, maupun komponen non-struktural seperti dinding, pintu dan jendela beserta kusennya, langit-langit, dan komponen pendukung lainnya. Sebagai bahan organik, kayu dapat menjadi bahan makanan dan tempat tinggal bagi organisme seperti jamur, kumbang, rayap kayu kering, dan rayap tanah. Serangan organisme ini merusak kayu baik secara struktural sehingga kehilangan kekuatannya atau hanya mengganggu penampilan saja. Pada tahun 1986 tercatat lebih dari 300 juta kasus pertahun serangan rayap terhadap bangunan di seluruh dunia. Serangan ini menimbulkan kerugian yang secara signifikan sangat besar yaitu US$ 750.000 per tahun, dua kali lipat dibanding kerugian ekonomis akibat badai yang hanya sebesar US$ 350.000 per tahun. Terlebih lagi Indonesia merupakan salah satu negara dengan derajat serangan rayap paling besar di dunia. Penelitian menunjukkan bahwa lebih dari 70% bangunan di Jakarta menderita serangan rayap. Hasil yang serupa juga terjadi di Surabaya, Bogor, Bandung, dan berbagai kota lain di Indonesia. Dengan kerugian ekonomis yang begitu besar, pengendalian terhadap organisme perusak harus menjadi salah satu faktor kunci pembangunan gedung dan perumahan di Indonesia. Berbagai teknologi telah diterapkan untuk meningkatkan umur pakai bangunan berkayu, seperti eliminasi populasi (pengumpanan), fumigasi, perlakuan tanah, pengawetan kayu, penghalang fisik (pengendalian mekanis), dan pengendalian hayati. Dengan perlakuan teknologi tersebut, serangan organisme dapat dikendalikan sampai batas tertentu.

Tahan Gempa

Struktur bangunan berkayu memiliki stabilitas dan integritas struktur yang sangat tinggi. Kayu memiliki kekuatan dibanding berat yang jauh lebih tinggi daripada baja dan beton sehingga bangunan kayu umumnya lebih ringan. Sambungan-sambungan komponen bangunan kayu bersifat daktil dan tidak mudah lepas. Kerusakan pada salah satu komponen bangunan kayu dapat diatasi karena kayu dapat mengambil posisi keseimbangan baru. Sifat-sifat demikian menyebabkan bangunan kayu lebih tahan terhadap gempa.

Mudah Dibongkar dan Dipasang Kembali

Selama bertahun-tahun bangunan berkayu terbukti sangat mudah dibongkar dan dipasang kembali. Di Jawa Tengah dan Jawa Timur terdapat tradisi gotong royong mengangkat bangunan rumah kayu dalam bentuk utuhnya bersama-sama kepindahan penghuninya. Ketika tradisi ini mulai memudar, terdapat teknologi *knock down* yang memungkinkan bangunan kayu dibongkar menjadi komponen-komponen, dipindahkan, dan dirangkai kembali.

Aman dan Nyaman Dihuni

Selama lebih dari setengah hidupnya, manusia melakukan aktivitas di dalam rumah, sehingga rumah yang dibangun harus dapat melindungi penghuninya dari berbagai marabahaya, baik yang disebabkan oleh alam, binatang, maupun manusia. Selain itu rumah harus menjadi istana bagi penghuninya sehingga nyaman untuk ditempati. Bangunan kayu memiliki kelebihan ini. Karena sifat khasnya, bangunan kayu menawarkan kehangatan yang natural. Bangunan kayu mampu memberikan rasa hangat di musim dingin, dan kesejukan di musim panas, sehingga potensial menjadi bangunan rumah favorit.

Estetis dan Arsitektural

Rumah bukan hanya merupakan produk individual di tengah belantara. Rumah-rumah membentuk suatu lingkungan yang harus didesain sedemikian rupa sehingga menimbulkan rasa estetis yang tinggi. Pada bagian ini para arsitek memberikan sumbangsih yang sangat penting berupa desain perpaduan bentuk, ukuran, dan kebutuhan sehingga tercipta lingkungan perumahan yang indah. Berbeda dengan bahan bangunan lainnya, kayu memiliki kemudahan dibentuk yang luar biasa.

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Kegiatan pembangunan untuk berdirinya rumah contoh tahan gempa ini memerlukan waktu selama 3 bulan, yaitu dari bulan Juli hingga September 2006. Tetapi persiapan dilakukan sejak bulan Mei 2006, dan kegiatan pengerjaan akhir serta penyelesaian laporan dilakukan bulan Oktober dan November 2006. Lokasi yang akan dijadikan tapak adalah di belakang sudut Gedung Utama Fakultas Kehutanan Kampus Darmaga IPB.

3.2. Metodologi

Bangunan Rumah tahan gempa dibuat dari kayu mangium *(Acacia magium)* yang diperoleh dari hutan tanaman industri milik PT Inhutani II di Pulau Laut, Kalimantan Selatan. Kayu gergajian yang akan dipakai sudah dikeringkan hingga kadar air 14 – 16 %. Masing-masing komponen rumah dibuat sesuai gambar rencana yang terdiri dari lantai, rangka kayu papan paku, dan dinding secara pre-pabrikasi.

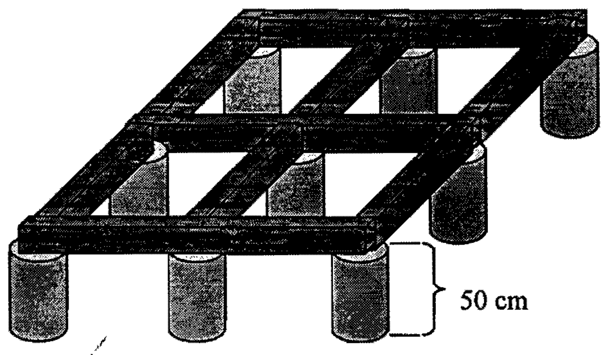
Bangunan rumah contoh ini dapat diproduksi tiap-tiap komponen, yang kemudian dirangkai di lapangan. Komponen-komponennya adalah sebagai berikut : pondasi, lantai, komponen lantai, komponen dinding, komponen langit-langit, komponen kuda-kuda, dan komponen atap.

1. Pondasi

Ada 2 tipe pondasi yang disarankan, yaitu :

a) Tembokan menerus dengan ketinggian lebih dari 30 cm untuk menghindari kelembaban akibat kontak langsung dengan tanah

b) Panggung dengan ketinggian lebih dari 50 cm, lantai kayu dengan pondasi umpak. Struktur pondasi ini memberikan keuntungan yaitu bebas dari genangan, dan serangan rayap dapat dikendalikan.



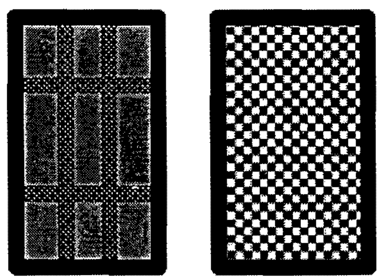
Gambar 2. Struktur pondasi rumah tahan gempa

2. Komponen dinding

Beberapa alternatif dapat dipilih untuk komponen dinding rumah ini, yaitu :

a) Konstruksi Diafragma (kotak)

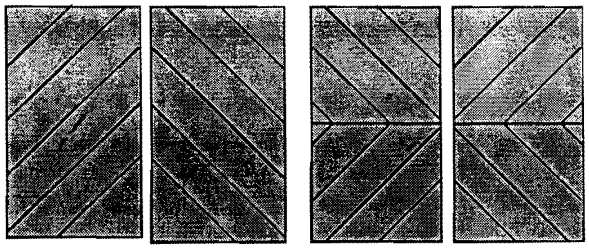
Konstruksi menggunakan rangka kayu sebagai komponen struktural dan *plywood*, panel kayu (*block board, particle board, cement board, medium density fiber board, oriented strand board,* dll) atau bilik bambu untuk dindingnya.



Gambar 3. Konstruksi diagfragma rumah tahan gempa

b) Stress Skin Component

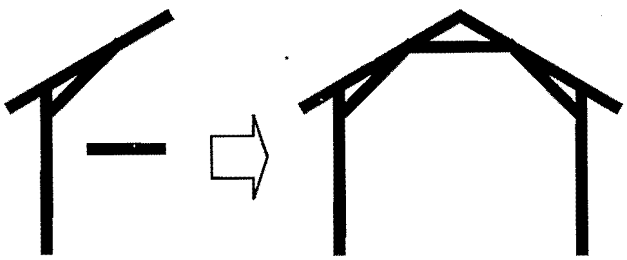
Desain dinding model stress skin komponen memanfaatkan papan-papan yang ditata sedemikian rupa membentuk sudut 45° dari vertikal, dan saling tegak lurus antar komponen. Untuk menghindari timbulnya celah akibat penyusutan, maka dapat ditambahkan bingkai antar pelat. Ada dua alternatif desain pada komponen dinding ini yaitu pada tiap panel dinding, papan-papan ditata sejajar seluruhnya dengan sudut 45° terhadap vertikal, atau dapat pula papan-papan tiap panel dinding ditata saling tegak lurus antara pelat bawah dan pelat atas. Papan-papan miring ini selain berfungsi estetis, juga berfungsi pula sebagai komponen struktural.



Gambar 4. Desain dinding model *stress skin panel component*

3. Komponen Atap

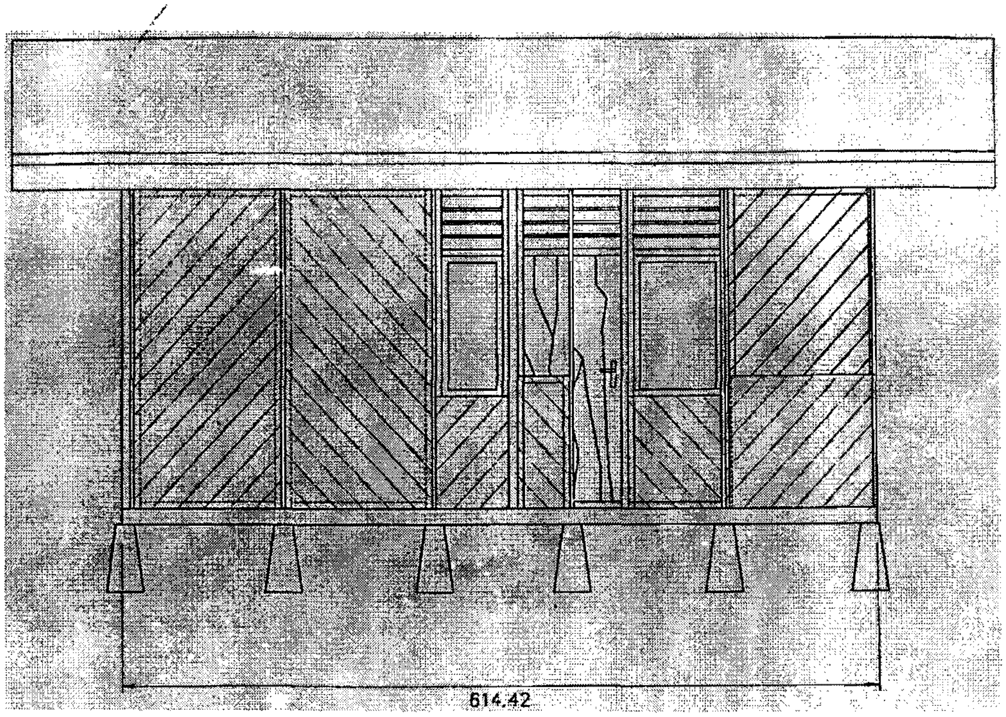
Komponen atap terdiri dari komponen kuda-kuda, langit-langit, dan atap. Komponen kuda-kuda didesain menggunakan papan paku yang dapat dibongkar dan dipasang dengan cepat.



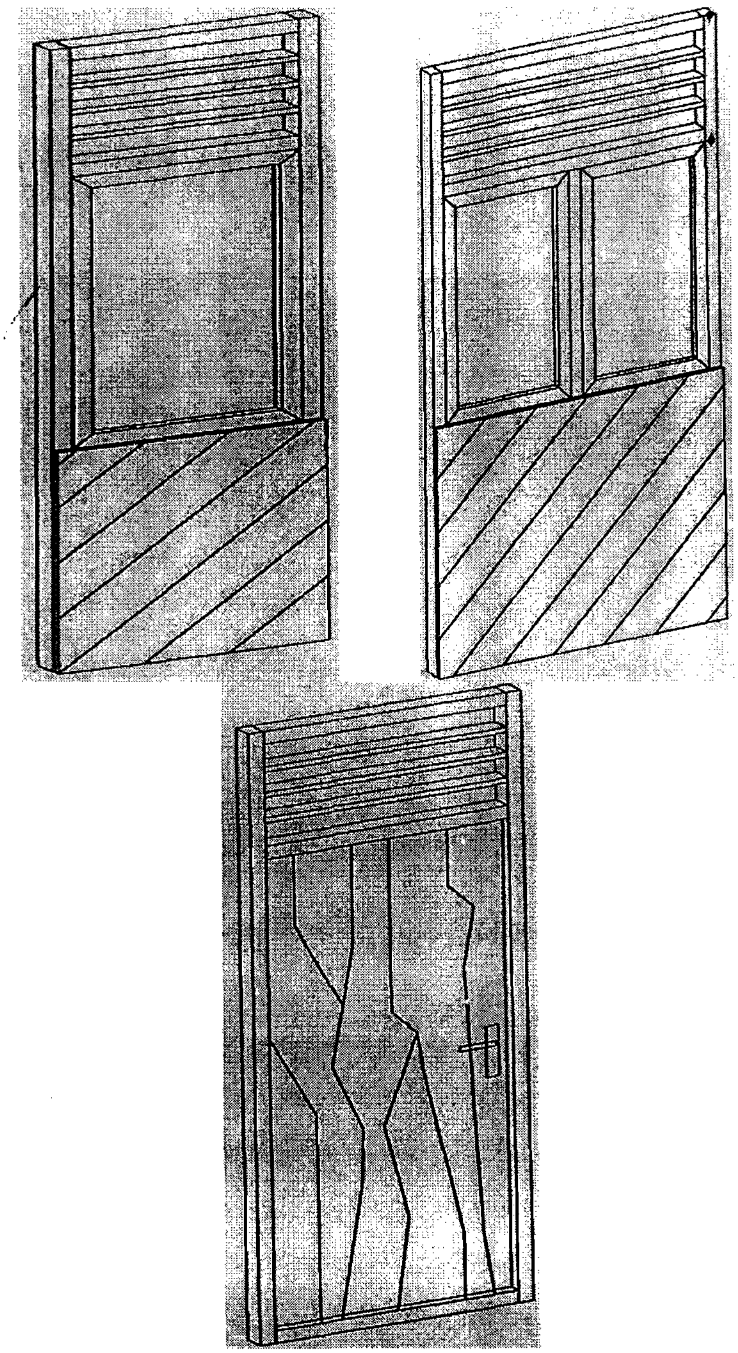
Gambar 5. Model komponen atap rumah tahan gempa

Kuda-kuda terbagi menjadi dua komponen yang dapat disatukan pada saat instalasi sehingga memudahkan pengiriman. Langit-langit dapat dibuat dengan mempersiapkan komponen-komponen yang dapat disambung dengan mudah, sedangkan atap dapat mempergunakan seng atau asbes. Dengan metodologi seperti di atas akan dihasilkan rumah yang siap tumbuh dan direnovasi sesuai dengan peningkatan ekonomi penghuninya.

Dalam proses pembangunan rumah contoh ini, mahasiswa Departemen Hasil Hutan yang tergabung dalam Himasiltan berperan aktif sebagai tenaga kerja trampil. Mahasiswa belajar bagaimana merakit komponen kayu, mendirikan rangka kayu papan paku, menyambungkan panel lantai, dinding, dan atap sehingga rumah contoh dapat terbangun.



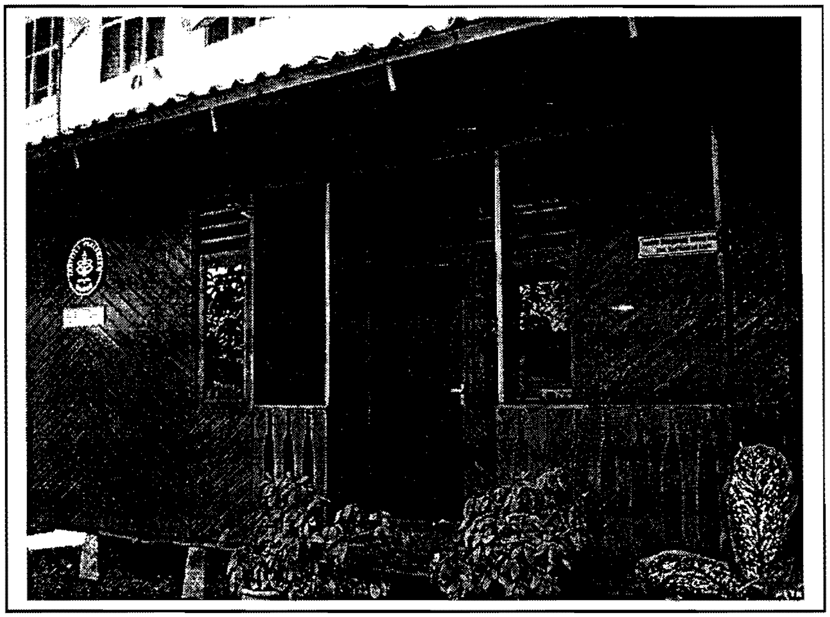
Gambar 6. Desain tampak rumah tahan gempa pre-pabrikasi



Gambar 7. Desain panel pintu dan jendela rumah tahan gempa pre-pabrikasi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan berupa produk rumah contoh tahan gempa dengan sistem pre-pabrikasi. Adapun bangunan rumah contoh tersebut ditampilkan pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 8. Rumah contoh tahan gempa dengan sistem pre-pabrikasi

Terdapat beberapa keunggulan dari rumah contoh yang dibuat, antara lain adalah sistem pre-pabrikasi. Dengan sistem ini bangunan yang dibuat akan mudah dipasang dan dibongkar (*knock down*) sesuai kebutuhan, terutama berkaitan dengan desain untuk rumah tumbuh. Bagian dinding dari bangunan yang mudah dibongkar dapat sangat membantu apabila bangunan tersebut ingin diperluas atau ditambahkan bangunan lain, seperti untuk keperluan bangunan cuci dan kakus. Selain itu, pembuatan pondasi yang cukup tinggi dianggap dapat menjadi *barier* (penghambat) mekanis bangunan terhadap serangan rayap tanah. Model konstruksi dinding diagfragma dan berupa komponen *stress skin*, menjadikan bangunan ini memiliki kelenturan yang cukup baik dalam rangka mengimbangi goncangan gempa, sehingga pada saat terjadi gempa bangunan tidak secara langsung roboh tetapi dapat bergoyang mengikuti guncangan yang dapat membantu memberikan kesempatan pada penghuni rumah untuk menyelamatkan diri. Hal lain yang menjadikan rumah contoh ini cukup unggul adalah dengan sistem pre-pabrikasi *knock down*. Dengan sistem ini maka komponen-komponen bangunannya dapat dibuat secara masal di tempat lain yang kemudian dapat dikirimkan ke daerah bencana atau daerah yang membutuhkan untuk dirakit menjadi rumah. Pembuatan masal ini dapat dilakukan di tempat lain yang mungkin tidak terkena bencana, sehingga pembangunan komponen rumah dapat secara langsung dibuat tanpa terhambat kondisi-kondisi di daerah bencana yang tidak menguntungkan, seperti kurangnya tenaga kerja, kurangnya bahan baku, dan hambatan-hambatan birokrasi.

Rumah contoh yang dibuat berasal dari kayu mangium (*Acacia mangium* Willd.). Kayu jenis ini dianggap sebagai kayu masa depan. Selain potensinya yang termasuk kategori kayu cepat tumbuh (*fast growing species*), dewasa ini kayu mengium menjadi kayu yang banyak diteliti untuk keperluan struktural. Beberapa penelitian yang dilakukan antara lain oleh Dharmasepfianti (1991), Firmanti *et al.* (2003 dan 2005), Karlinasari dan Paradipto (2005), dan Surjokusumo dan Karlinasari (2005). Penelitian yang dilakukan tersebut telah sampai pada kesimpulan bahwa potensi sifat mekanis kayu mangium adalah cukup baik jika dibanding kayu lain yang sudah sering digunakakan, seperti kayu meranti (Tabel 1 dan 2). Perbaikan melalui pembuatan komposit struktural kayu akan sangat membantu meningkatkan potensi kekuatan kayu ini. Kelemahan utama dari jenis kayu mangium adalah banyak dijumpainya cacat mata kayu. Perlakuan silvikultur diharapkan dapat memperbaiki kelemahan ini.

Kemungkinan penggunaan jenis kayu lain tentu saja dapat dilakukan. Yang diharapkan sekarang ini adalah bahwa kayu yang digunakan memiliki sifat kekuatan yang cukup baik yang dapat memenuhi standar untuk keperluan kayu struktural, selain itu tentu saja potensi kelimpahannya yang diharapkan banyak tersedia. Salah satu jenis kayu cepat tumbuh yang berpotensi secara sifat kekuatan adalah jenis kayu afrika (*Maesopsis eminii*). Jenis kayu nangka (*Artocarpus heterophylus)* adalah jenis kayu lain yang memiliki sifat kekuatan cukup baik dan daya tahan terhadap serangan rayapnya pun cukup baik.

Tabel 1. Rangkuman data sifat fisis dan mekanis kayu *A. mangium*

	n	Kadar Air (%)	Kerapatan (g/cm^3)	MOE		MOR (Mpa)	Sumber
				MOE flatwise (GPa)	MOE edgewise (Gpa)		
1	60	16.5 (8.9)	0.41-0.60 (10.0)	8.80 (31.9)	11.6 (28.7)	43.6 (36.0)	Firmanti *et al.* (2003)
2	120	-	-	8.9 (29.2)	-	42.2 (37.4)	Firmanti *et al.* (2005)
3	27	18.2 (4.4)	0.6 (5.0)	7.10 (20.2)	8.19 (31.1)	42.7 (39.6)	Sumarto (2005)
4	80	17.8 (11.8)	0.58 (6.9)	9.5 (13.2)	-	-	Karlinasari dan Paradipto (2005)

MOE = modulus of elasticity; MOR = modulus of rupture; n = jumlah contoh uji; Nilai dalam kurung adalah koefisien variasi (CV)

Tabel 2. Perbadingan teknis sifat fisis, mekanis, dan pengerjaan beberapa jenis kayu

Sifat kayu	*Acacia mangium*	*Maesopsis eminii*	*Gmelina arborea*	*Acacia chinensis*	Kayu karet	Nyatoh	Meranti merah
Kerapatan (g/cm^3)	0.42-0.56	0.48-0.62	0.35-0.42	0.22-0.38	0.55-0.65	0.55-1.0	0.52-0.60
Kuat lentur							
MOR (Mpa)	97-102	50-60	57-62	45-52	58-66	75-82	63-75
MOE (Mpa)	11,600	12,000	9,200	6,900	9,200	12,200	10,200
Penyusutan							
Radial (%)	3.4	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	2.7
Tangent (%)	6.5	6.7	6.3	5.5	7.0	7.0	7.5
Kiln Drying	Lambat	Mudah	Moderate	Mudah	Lambat	Mudah	Mudah
Sifat pengerjaan							
Penggergajian (*Sawing*)	Baik	Baik	Baik	Serat berbulu	Baik	Baik	Baik
Pembentukan (*Moldings*)	Baik	Baik	Baik	Serat robek	Baik	Baik	Baik
Pengupasan (*Peeling*)	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik
Turning	Baik	Baik	Baik	Serat robek	Baik	Baik	Baik
Pengamplasan (*Sanding*)	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik

Sumber: Djojosoebroto (2003) and Dharmasepfianti (1991)

Rumah contoh tahan gempa ini berkuruan ± 21 m^2, atau setara dengan rumah sederhana dengan tipe 21. Rumah contoh ini terdiri dari satu ruangan utama yang dapat digunakan sebagai ruang tamu dan keluarga, satu kamar tidur dan terdapat sedikit lorong yang bisa digunakan sebagai dapur (denah rumah disampaikan di Lampiran 1). Keperluan bahan bangunan kayu membutuhkan kayu sebanyak kurang lebih 5 m^3. Apabila jenis kayu mangium yang dipakai, maka di pasaran akan dijumpai harga 1 m^3 kayu adalah sebesar ± Rp.1.000.000,- sehingga untuk 5 m^3 kayu mangium sama dengan ± Rp. 5.000.000,-. Total dari harga rumah tahan gempa ini adalah sekitar Rp. 25.000.000,- Selanjutnya disampaikan hitungan secara ekonomi dari kebutuhan pembangunan rumah tahan gempa pre-pabrikasi ini. Detail dari rincian hitungan ekonomi disampaikan pada Lampiran 2.

Tabel 3. Hitungan ekonomi rumah tahan gempa pre-pabrikasi

No	Uraian	Jumlah harga (Rp)
I	Pekerjaan persiapan	777.421
II	Pekerjaan pondasi	777.81
III	Pekerjaan panel	10.018.008
IV	Pekerjaan atap	6.266.410
V	Pekerjaan pengunci dan penggantung	2.304.384
VI	Pekerjaan listrik	660.000
VII	Pekerjaan finishing	4.120.448
VIII	Pekerjaan perakitan	200.000
	Total	25.124.351
(Dua puluh lima juta Juta Seratus Dua Puluh Empat Ribu Tiga Ratus Lima Puluh Satu Rupiah)		

Keterangan: seluruh kebutuhan kayu sudah termasuk di dalam hitungan, yaitu di dalam pekerjaan panel/perakitan dan sebagian pekerjaan atap

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Bangunan rumah tahan gempa dengan sistem pre-pabrikasi dari Laboratorium Ketenikan Kayu, Fakultas Kehutanan IPB dapat menjadi alternatif pilihan untuk bangunan sejenis. Model pre-pabrikasi yang *knock down* memberikan kemudahan dalam pembangunan dan perluasan untuk bangunan itu sendiri. Struktur konstruksi diagfragma dan model komponen *stress skin* merupakan kunci dari kelenturan rumah dalam mengikuti guncangan gempa. Pemanfaatan kayu-kayu cepat tumbuh yang memiliki sifat kekuatan struktural yang baik dapat dijadikan pilihan kayu untuk bahan bangunan, seperti misalnya kayu *Acacia mangium*. Dengan keburuhan bahan baku kayu $\pm$ 5 m^3 maka seluruh biaya pembangunan rumah tahan gempa ini menghabiskan dana sekitar Rp. 30.100.000,-

Saran

Pengujian kekuatan dan ketahanan bangunan terhadap gempa atau guncangan secara empiris perlu dilakukan. Hanya ada beberapa lembaga penelitian di Indonesia yang memiliki alat uji untuk guncangan, antara lain adalah di Laboratorium Struktur, Pusat Penelitian Permukiman, DPU di Cileunyi, Bandung.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT. Inhutani II yang menyumbang kebutuhan kayu *Acacia mangium* untuk bangunan rumah contoh tahan gempa ini. Selain itu juga disampaikan juga ucapan terimakasih kepada PT. Propan yang menyumbang keperluan bahan-bahan pengerjaan akhir (*finishing*), dan CV. Protek atas partisipasinya dalam perlindungan bangunan dengan perlakuan anti rayap yang diberikan. Tidak lupa disampaikan ucapan terimakasih kepada himpunan mahasiswa HIMASILTAN dan para alumni Laboratorium Keteknikan Kayu atas kerjasamanya dalam pembangunan rumah contoh ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Dharmasepfianti, D. 1991. Perbandingan Sifat Fisis dan Mekanis Antara Kayu Juvenil dengan Kayu Dewasa pada Kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl). Fakultas Kehutanan IPB. Skripsi. Tidak Dipublikasikan.

Djodjosoebroto, J. 2003. Potensi Kayu Konstruksi dan *Acacia mangium*. Makalah: Seminar Nasional Dalam Rangka Peresmian Pusat Studi Konstruksi Kayu. FT Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti, 12 Agustus, 2003. Jakarta.

Firmanti, A. Surjokusumo, S. Komatsu, K. Kawai, S. dan Subiyanto, B. 2003. Utilizing Acacia mangoum for Construction Materials. Dalam Prosiding: International Symposium on Sustainable Utilization of Acacia mangium. 21-22 Oktober 2003. Kyoto. Jepang.

Firmanti, A. Bactiar, T.B. Surjokusumo, S. Komatsu, K. dan Kawai, S. 2005. Application of Regardless of Species Conception for Mechanical Stress Grading on Tropical Timbers. International Workshop on Timber Structures. 15-16 November, 2005. Bandung. Indonesia.

Karlinasari, L. dan Paradipto, S. 2005. Risalah cacat 80 sampel kayu *Acacia mangium*. Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan. IPB.

Puslitbangkim Permukiman. 2004. Modul Diseminasi: Perencanaan Bangunan Tahan Gempa. Balai Struktur dan Konstruksi bangunan. Puslibankim Permukiman. Bandung.

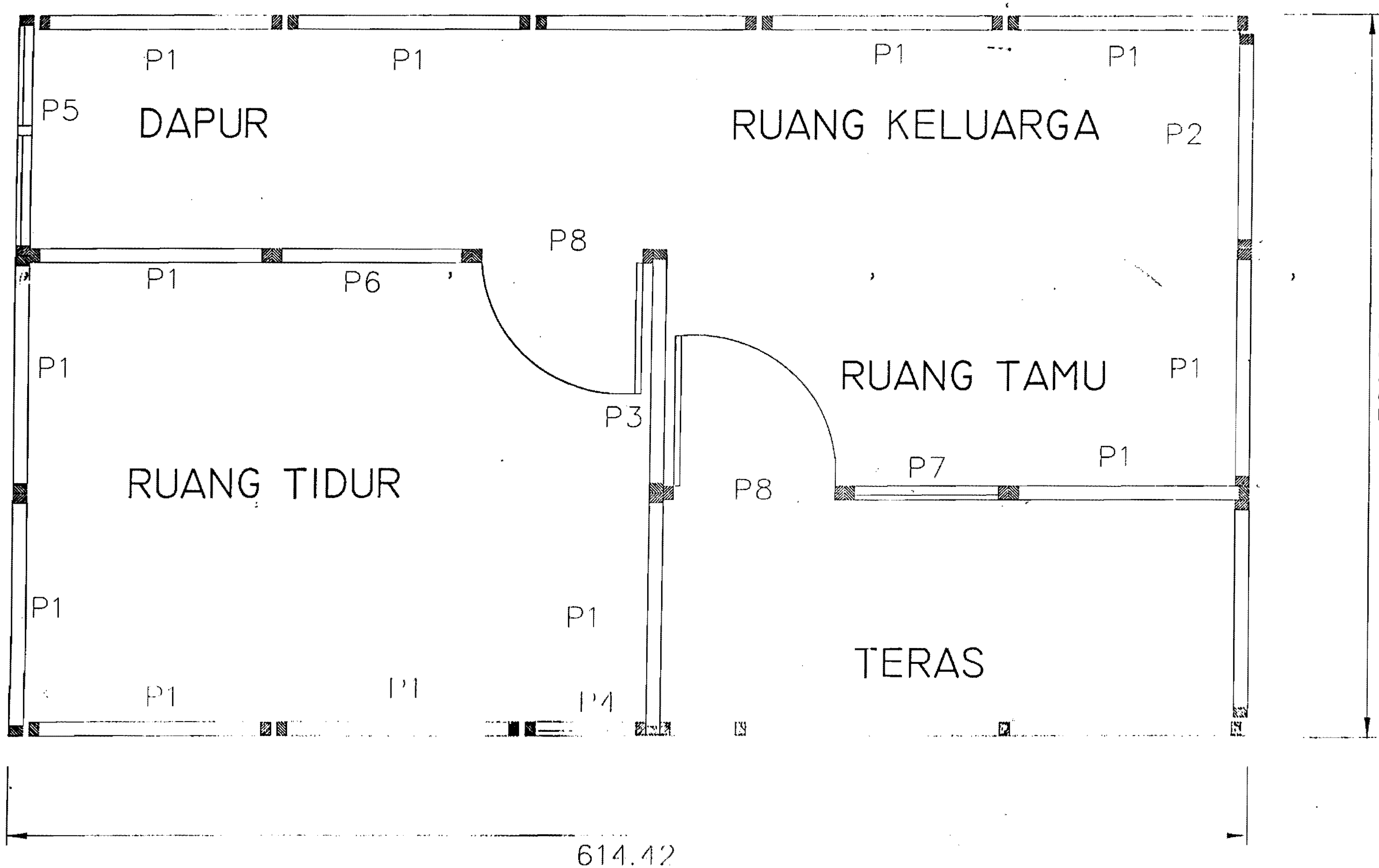
SNI 03-1726-2002, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung.

Surjokusumo, S. dan Kalinasari, L. 2005. *Current State and Future Chances of Low Density Timber Utilization*. International Workshop on Timber Structures. 15-16 November, 2005. Bandung. Indonesia.

Surjokusumo, S dan N. Nugroho. 2006. Rumah Prefab Fahutan IPB: Knock down, Kokoh dan Tahan Gempa. Tim Pengkajian Rumah Prefab, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.

Tabloid Rumah. 2006. Rumah Tahan Gempa Dibangun untuk Mengurangi Korban. Edisi 88 IV/ 13 Juni-26 Juni 2006.

Wangsadinata, W. 2002. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung. Makalah pada Seminar Tahunan HAKI "Profesionalisme dalam Dunia Konstruksi Indonesia", Jakarta, 20 – 21 Agustus 2002.



DENAH

Lampiran 1. Denah rumah contoh tahan gempa sistem pre-pabrikasi

Lampiran 2. Rincian kebuuhan bahan dan pekerjaan pembuatan rumah contoh tahan gempa

NO	Uraian Pekerjaan	Sat	Vol	Harga Satuan	Jumlah Harga	Harga Total
				(Rp)	(Rp)	(Rp)
I	**PEKERJAAN PERSIAPAN**					
1	Dokumentasi	ls	1.00	150,000	150,000	
2	Pembersihan dan perataan lahan	m^2	28.00	9,500	266,000	
3	Pek. Bouplank dan Pengukuran	m^2	22.59	16,000	361,421	
	Jumlah I					777,421
II	**PEKERJAAN PONDASI**					
1	Pekerjaan Podasi umpak	bh	1.25	622,145	777,681	
	Jumlah II					777,681
III	**PEKERJAAN PANEL/PERAKITAN**					
1	Panel dinding	m^2	66.24	84,350	5,587,344	
2	Panel dinding dengan 1 jendela	m^2	2.88	98,000	282,240	
3	Panel dinding dengan 2 jendela	m^2	2.88	122,500	352,800	
4	Panel pintu	m^2	5.76	143,000	823,680	
5	Panel pagar teras	m^2	2.16	46,900	101,304	
6	Pasangan rangka lantai	m^2	21.6	60,700	1,311,120	
7	Pasangan penutup lantai	m^2	21.6	72,200	1,559,520	
	Jumlah III					**10,018,008**

IV	**PEKERJAAN ATAP**					
1	Pekerjaan kuda-kuda portal	m^3	0.51	2,578,700	1,315,137	
2	Pasangan gording	m^3	0.22	2,577,450	567,039	
3	Pasangan lisplang	m	16	27,750	444,000	
4	Pasangan penutup sopi-sopi	m^2	11.2	72,200	808,640	
5	Pasangan saluran udara sopi-sopi	ls	2	200,000	400,000	
6	Pas. atap dengan asbes gelombang	m^2	70.24	34,640	2,433,114	
7	Pasangan bumbungan atap	m	8	37,310	298,480	
					Jumlah IV	**6,266,410**
V	**PEKERJAAN PENGUNCI DAN PENGGANTUNG**					
1	Pasangan Plafond + rangka	m^2	22.59	74,884	1,691,540	
2	Pasangan Engsel Jendela Jungkit	stel	8.00	22,500	180,000	
3	Pasangan Grendel Jendela	bh	4.00	20,000	80,000	
4	Pasangan handle pintu	bh	2.00	73,500	147,000	
5	Pasangan engsel pintu	stel	2.00	25,000	50,000	
6	Pasangan kaca bening/polos	m^2	2.16	72,150	155,844	
					Jumlah V	**2,304,384**
VI	**PEKERJAAN LISTRIK**					
1	Pekerjaan Instalasi Titik Lampu	ttk	5.00	55,000	275,000	
2	Pasangan Stop Kontak + Instalasi	bh	3.00	45,000	135,000	
3	Pasangan Lampu baru	bh	5.00	50,000	250,000	
					Jumlah VI	**660,000**

VII	**PEKERJAAN FINISHING**					
1	Pek. Plituran (spray)	m^2	112.40	32,530	3,656,372	
2	Pengecatan plafond	m^2	21.6	21,485	464,076	
	Jumlah VII					**4,120,448**
VIII	**PEKERJAAN PERAKITAN**					
1	Baut	ls	1.00	200,000	200,000	
	Jumlah VIII					**200,000**
	Jumlah Total Rp.					**25,124,351**

Keterangan: seluruh kebutuhan kayu sudah termasuk di dalam hitungan yaitu di dalam perkerjaan panel/perakitan dan sebagian untuk pekrjaan atap

Lampiran 3. Dokumentasi pekerjaan