

**PENGARUH SISTEM STRUKTUR PADA BANGUNAN ARSITEKTUR BALI
TERHADAP GUNCANGAN GEMPA
(Studi dengan menggunakan Soft Ware SAP 2000)**

I Wayan Parwata

FT. Arsitektur Universitas Warmadewa – Denpasar-BALI

E-mail:iwayanparwata01@gmail.com

ABSTRAK

Bangunan Arsitektur Bali umumnya menggunakan sistem struktur sendi (*purus*) terutama pada struktur utama bangunan. Struktur bangunan sendi (*purus*) merupakan salah satu sistem struktur yang cukup besar peranannya dalam menahan gempa. Terbukti dari kejadian gempa berkekuatan diatas 6 Scala Richter mengguncang kota Seririt hingga Busung Biu di Kabupaten Buleleng Bali yang terjadi pada 14 Juli 1976, menewaskan lebih dari 1000 orang. Pada saat terjadinya gempa, sebagian besar Bangunan Arsitektur Bali yang masih bertahan dari guncangan gempa. Sebagian besar dari struktur utama bangunan tersebut menggunakan sistem struktur sendi (*purus*). Sehingga umumnya yang roboh adalah pada dinding bangunan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan kekuatan sistem struktur sendi (*purus*) dengan sistem struktur jepit dan mengetahui kelebihan dari kedua sistem struktur tersebut. Penelitian ini merupakan komparasi dengan sistem permodelan menggunakan soft ware SAP 2000 antara sistem struktur sendi (*purus*) dengan sistem struktur jepit. Dari hasil permodelan ini dengan menggunakan media soft ware SAP 2000 dengan perlakuan gempa searah sumbu X dan Y serta R (vertikal) menghasilkan bahwa ternyata pada sistem struktur jepit: perpindahan gaya horisontal kearah sumbu X sebesar 1.0009667 cm, perpindahan gaya horisontal kearah sumbu Y sebesar 1.267888 cm dan perpindahan akibat gaya vertikal sebesar 0.00516 cm, sedangkan dengan sistem struktur sendi (*purus*): perpindahan gaya horisontal kearah sumbu X sebesar 1.147776 cm, perpindahan gaya horisontal kearah sumbu Y sebesar 1.698502cm dan perpindahan akibat gaya vertikal sebesar 0.005373 cm. Data diatas menunjukkan perpindahan gaya horisontal kearah sumbu X pada struktur sendi lebih besar dibandingkan dengan sistem struktur jepit yakni sebesar 0.138109 cm, kearah sumbu Y sebesar 0.430614 cm dan kearah vertikal sebesar 0.000213 cm.

Kata Kunci: *Sistem struktur sendi dan jepit, Bangunan Arsitektur Bali, gempa*

PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang sangat terkait dengan dinamika di dalam bumi. Sehingga sampai saat ini di negara-negara yang sangat maju dalam riset gempa bumi pun belum menemukan teknologi yang mampu memprakirakan kapan dan dimana sebuah gempa bumi akan terjadi. Sementara dinamika dan proses geologi terus berjalan, sehingga bencana ini akan terus saja hadir (Daryono, 2006).

Setelah di Jawa Barat beberapa bula lalu, awal Oktober 2009 ini terjadi gempa 7,6 skala richter di Sumatra Barat. Banyak bangunan dengan konstruksi beton bertulang roboh akibat kerasnya guncangan itu. Tidak hanya bangunan fungsi rumah tinggal, bahkan bangunan berfungsi publikpun tidak terhindar dari kekuatan guncangan tersebut.

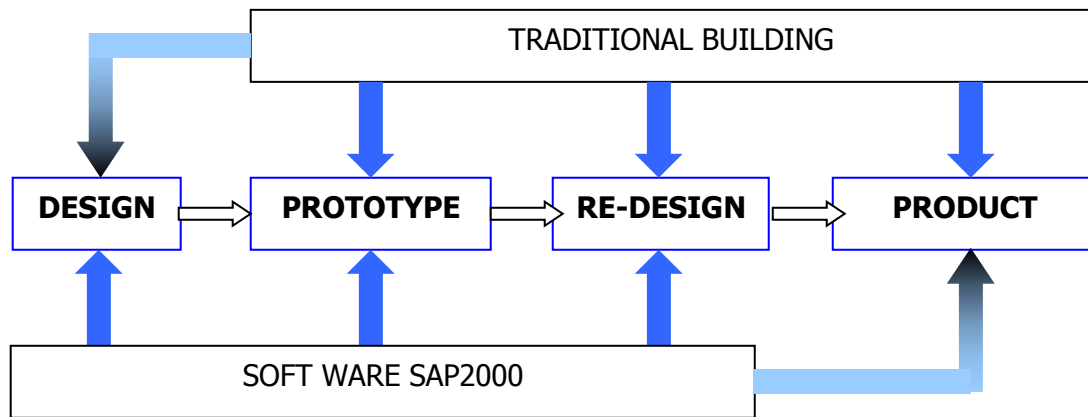
Menurut Hengki W. A. (2009) menyatakan bahwa penempatan dan pembuatan sengkang (ring pada balok) yang benar merupakan salah satu kunci dari bangunan tahan gempa disamping harus memperhatikan ringan dan kuatnya material bangunan seperti pembuatan dinding dari gedek, rajutan bilah bambu atau melapisi bambu dengan polimer.

Berdasarkan sejarah kegempaan Bali, ternyata daerah Bali merupakan daerah yang sangat rawan terhadap gempa. Hal ini terbukti dari seringnya daerah ini terkena musibah gempa antara lain peristiwa gempa dahsyat yang terjadi di Bali "Gejer Bali" pada tahun 1815 yang menewaskan 10.253 orang. Selanjutnya kejadian gempa berkekuatan 6,9 skala richter yang mengguncang Seririt hingga Busung Biu yang terjadi pada 14 Juli 1976. Pada saat gempa tersebut tercatat 600 orang tewas dan ribuan luka parah. Gempa bumi yang terjadi pada 17 Desember 1979 yang berkekuatan 6,6 skala richter. Gempa ini tercatat menewaskan 25 orang dan ratusan luka-luka dan banyak lagi kejadian gempa yang terjadi di Bali.

Hal diatas merupakan sebuah resiko bahwa daerah Bali menjadi salah satu kawasan yang sangat rawan gempa kuat. Untuk itu salah satu hal yang perlu mendapat kajian penting adalah pemahaman zonasi daerah rawan gempa khususnya di daerah Bali dan melalui penataan pemukiman secara benar pada daerah-daerah rawan bencana untuk menekan jumlah korban sampai sekecil-kecilnya. Dalam hal ini dibutuhkan pakar kegempaan, ahli rancang bangun dan ahli sipil dengan perangkat teknologi soft ware mestinya mampu mengetahui sistem dan perhitungan struktur, kondisi tanah, dan manajemen pengelolaan kegempaan.

Berdasarkan kasus kegempaan yang pernah terjadi di Bali tepatnya kejadian gempa yang mengguncang Seririt tahun 1976, ada pendapat bahwa bangunan yang mampu bertahan saat gempa terjadi adalah bangunan tradisional Bali. Menurut salah seorang pakar bangunan Bali, Rumawan Salain (Bali Post, minggu 4 juni 2006) menyatakan kekuatan bangunan tradisional Bali terhadap guncangan gempa adalah akibat dari sistem strukturnya. Padahal kalau dilihat sebagian besar bangunan tradisional Bali menggunakan struktur sendi. Sehingga pada penelitian ini penulis ingin membuktikan perbandingan sistem struktur sendi dengan sistem struktur jepit, terutama besar geser yang diakibatkan dari guncangan gempa dengan perlakuan yang sama.

Dalam perhitungan sistem struktur bangunan ada banyak soft ware yang dapat digunakan untuk menghitung kekuatan sistem struktur dengan program komputer rekayasa seperti SAP2000, ETABS, STAD-III, GT-STRUDL, ANSYS, ABAQUS dan ADINA). Namun dalam penelitian ini soft ware yang akan dipergunakan adalah soft ware SAP2000, karena soft ware ini dianggap paling lengkap dan kompleks (lengkap analisis dan simulasi perilaku strukturnya



Gambar 1. analisis bangunan tradisional dengan menggunakan soft ware SAP2000
 Sumber: Yogasara, T (2004)

PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

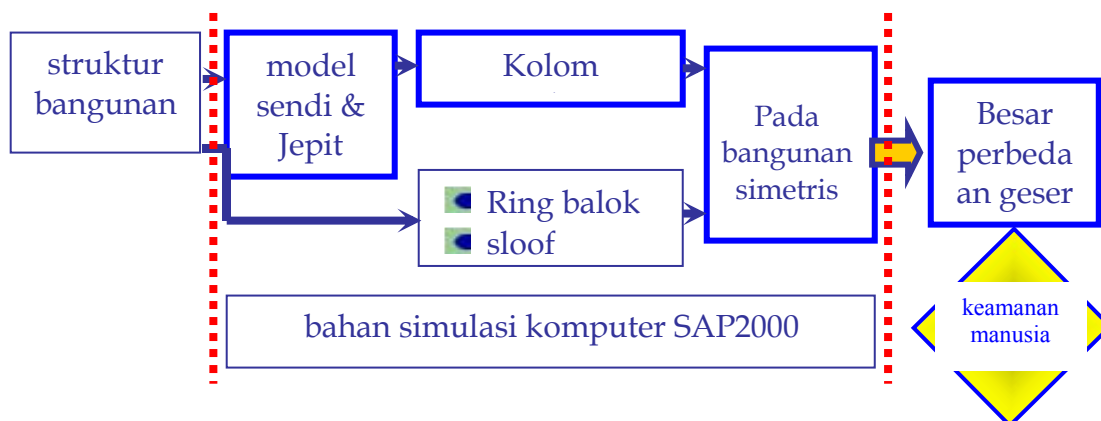
- Seberapa besar geseran struktur sendi (*purus*¹) dibandingkan dengan struktur jepit pada bangunan simetris?;
- Apa penyebab bangunan tradisional Bali mampu bertahan dari guncangan gempa?

TUJUAN PENELITIAN

untuk membuktikan perbandingan geseran struktur sendi (*purus*) dibandingkan dengan struktur jepit pada bangunan simetris dengan menggunakan soft ware SAP2000.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diuji dengan uji gempa dan dianalisis dengan program SAP2000.



Gambar 2. Kerangka konsep penelitian

¹ Struktur *purus* adalah sistem struktur yang mengkait dengan sendi (kaki tiang penyangga struktur) yang umumnya berbentuk segi empat.

PEMBAHASAN

1) Bangunan tradisional

Berat masa bangunan sangat menentukan tanggungan gaya dalam struktur bangunan. Bangunan dengan masa yang berat akan menanggung gaya guncangan yang besar, demikian sebaliknya bangunan yang ringan akan menanggung gaya guncangan yang lebih ringan pula akibat guncangan gempa (Sularto, 1976).

Bahan bangunan (penutup atap, kap, struktur) pada bangunan tradisional Bali umumnya lebih ringan dan berbentuk simetris, sehingga hal ini salah satu penyebab bangunan ini lebih bertahan dari guncangan gempa, disamping itu karena dinding yang dipergunakan sebagai pembatas antara ruang satu dengan ruang lainnya tidak langsung mengikat pada struktur bangunan, sehingga dinding bangunan tidak langsung menahan momen di atasnya. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam karakteristik bentuk dan bahan bangunan terhadap gempa, antara lain:

a. Atap (bagian kepala dalam bangunan)

Atap tradisional membagi seluruh gaya-gaya secara merata keseluruh penjuru dan ditampung melalui struktur (kolom). Seluruh ikatan dalam konstruksi atap tidak ada yang dipaku melainkan menggunakan *lait* (pasak). bahan penutup atap umumnya menggunakan alang-alang, sirap, *buyuk*² dan beberapa sudah menggunakan bahan penutup atap genteng (Suardana, 2003).

b. Badan bangunan

Kerangka badan bangunan tradisional diperkuat dengan susunan *lambang-sineb*³ dan bale-bale yang mengikat 4 tiang serta *canggah wang*⁴ sebagai pengaku antara lambang-sineb dengan tiang bangunan. Selain dinding masif diluar struktur utama bangunan tradisional, beberapa bangunan yang berada di Bali khususnya di daerah pegunungan (daerah dingin), dinding bangunan biasanya dibuat dengan kerangka bahan ringan seperti gedeg, kasa, papan yang dilapisi tanah *polpolan*⁵. Hal ini dapat memperkokoh bangunan secara keseluruhan. Dalam hubungan antar sambungan atap (kap), kerangka (dinding) dan pondasi (kaki) memiliki momen dengan pemecahan cara tradisional seperti: tarik, tekan, sendi dan purus.

c. Kaki bangunan

Pada umumnya, kedalaman pondasi haruslah mencapai pada tanah keras/padat. *Sloof* adalah salah satu cara untuk mengantisipasi struktur bangunan apabila kondisi tanahnya relatif tidak padat. Pondasi yang baik berakibat pada kekokohan bangunan (tidak mudah runtuh), lantai tidak lembab, tidak terjadi penurunan struktur pondasi pada salah satu bagian struktur, material lebih tahan lama dan lebih tahan terhadap guncangan.

² *Buyuk* adalah sejenis daun lontar yang tumbuh di pinggir pantai yang sering dipergunakan sebagai bahan penutup atap.

³ *Lambang-sineb* merupakan tumpukan kayu yang berfungsi sama dengan fungsi ring balk pada bangunan biasa.

⁴ *Canggah wang* adalah penahan *lambang-sineb* dengan tiang struktur utama bangunan tradisional.

⁵ *Tanah polpolan* dimaksudkan tanah yang diambil dari lingkungan tempat tinggal penghuni yang dipergunakan untuk melapisi kerangka dinding dari anyaman bambu atau gedeg secara alami dengan menggunakan tangan langsung kedinding bangunan.

Bangunan tradisional Bali diibaratkan sebagai manusia yang berdiri, terdapat kepala, badan dan kaki. Pada bangunan tradisional Bali juga terbagi dalam tiga bagian tersebut yakni bagian atap (kepala), bagian dinding (badan) dan bagian sendi (kaki).

2) Soft ware SAP2000

Perkembangan yang pesat dalam rekayasa struktur dua dasa warsa terakhir ini, diperlukan perencanaan bangunan-bangunan teknik berskala besar dengan tingkat kerumitan yang tinggi seperti pengaruh pembebanan pada struktur bangunan antara lain beban gempa, angin, ledakan, akibat perubahan temperatur dan lain-lain. Analisis struktur bangunan-bangunan demikian sudah tidak dapat dilakukan secara manual, walaupun dapat namun memerlukan waktu yang sangat lama, sehingga penggunaan komputer sebagai alat bantu tidak dapat dihindari lagi. Salah satu program komputer canggih yang di dalam praktek saat ini populer dipakai dalam perencanaan struktur-struktur kompleks adalah soft ware SAP2000. Metode analisis yang dipakai dalam program ini didasarkan pada metode elemen hingga, sehingga memang dapat mencakup segala macam jenis struktur dengan konfigurasi serumit apa pun (Dewobroto, 2004).

Dalam penelitian ini menggunakan rumah dengan perlakuan yang sama yakni hanya terfokus pada perhitungan struktur saja tanpa penggunaan dinding, bahan penutup atap dan sistem konstruksi lainnya. Hasil perhitungannya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 1. Analisa dan perhitungan besar geser sistem struktur jepit akibat guncangan gempa diatas 6,5 Scala Richter diukur dengan menggunakan soft ware SAP 2000

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
19	COMB1	Combination	-0.002082	0.002087	-0.004258	0.000102	0.000103	0.000022
20	COMB1	Combination	-1.287E-15	0.016308	-0.004145	-0.000068	-9.79E-19	4.317E-18
21	COMB1	Combination	0.002082	0.002087	-0.004258	0.000102	-0.000103	-0.000022
23	COMB6	Combination	-0.002226	-1.207067	-0.005184	0.002015	-0.000011	-0.000015
24	COMB1	Combination	-5.64E-16	-0.016308	-0.004145	0.000068	-1.264E-19	4.584E-18
25	COMB6	Combination	0.002977	-1.207597	-0.006664	0.002961	-0.000067	0.000096
26	COMB1	Combination	0.002093	1.144E-15	-0.004915	-3.333E-18	0.00000879	4.602E-18
55	COMB6	Combination	2.966E-15	-1.254723	-0.005044	0.005068	5.136E-18	-1.53E-16
			1.009667	1.267888	-0.002305	0.00516	0.002548	0.000096

Tabel 2. Analisa dan perhitungan besar geser sistem struktur sendi akibat guncangan gempa diatas 6,5 Scala Richter diukur dengan menggunakan soft ware SAP 20

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
19	COMB1	Combination	-0.001023	0.001011	-0.004312	-0.000092	-0.000085	0.000016
20	COMB6	Combination	3.268E-14	-1.671258	-0.006115	0.004908	5.409E-17	-6.98E-17
21	COMB1	Combination	0.001023	0.001011	-0.004312	-0.000092	0.000085	-0.000016
22	COMB6	Combination	-0.002449	-1.559562	-0.007453	0.003649	-0.000168	-0.000211
23	COMB1	Combination	-0.001811	-3.241E-15	-0.004828	4.414E-18	-0.000076	4.939E-19
24	COMB6	Combination	-1.314E-14	-1.698502	-0.002621	0.005373	-2.142E-17	-4.608E-17
25	COMB1	Combination	0.001023	-0.001011	-0.004312	0.000092	0.000085	0.000016
26	COMB6	Combination	0.00193	-1.559639	-0.005093	0.002515	0.000081	0.000057
55	COMB1	Combination	-3.007E-17	-2.251E-15	-0.004806	7.569E-18	1.039E-18	2.106E-18
			1.147776	1.698502	-0.001629	0.005373	0.002605	0.000211

KESIMPULAN

Dengan menggunakan soft ware SAP2000, perhitungan geser akibat guncangan gempa ke arah horisontal dan vertikal menunjukkan perpindahan gaya horisontal ke arah sumbu X pada struktur sendi lebih besar dibandingkan dengan sistem struktur jepit yakni sebesar 0.138109 cm, ke arah sumbu Y sebesar 0.430614 cm dan ke arah vertikal sebesar 0.000213 cm. Ini berarti sistem struktur jepit lebih kuat dibandingkan sistem struktur sendi dalam menahan beban geser akibat dari guncangan arah vertikal dan horisontal.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut diatas, ternyata dengan sistem sendi pada bangunan Bali cukup aman dari gerakan vertikal dan horisontal akibat guncangan gempa, namun kalau dibandingkan dengan sistem struktur jepit, angka keamanan berdasarkan perhitungan software SAP2000 akibat guncangan lebih baik dibandingkan dengan sistem sendi. Untuk bangunan tradisi yang rata-rata menggunakan bahan ringan dan murah lebih efektif dibandingkan dengan sistem struktur jepit. Pada bangunan tradisional yang menggunakan sistem struktur sendi umumnya hanya sekitar 5-8% terjadi keruntuhan (robah) pada struktur bangunan akibat guncangan gempa. Hal ini menyimpulkan bahwa sistem struktur sendi cukup baik menahan guncangan gempa. Sedangkan sistem struktur jepit dengan sistem penulangan yang baik dan benar selain lebih rigid (kaku) juga karena dinding bangunan menyatu dengan struktur inti. Untuk menghindari runtuhnya dinding bangunan pada bangunan dengan sistem struktur sendi adalah dengan menggunakan penguat berupa pasak dari kayu atau bambu. Material dinding bangunan yang digunakan dipilih material ringan dan kuat seperti dinding dari gedek atau rajutan bilah bambu serta mengikatkan dinding dengan struktur bangunan menggunakan angker dari kayu.

SARAN

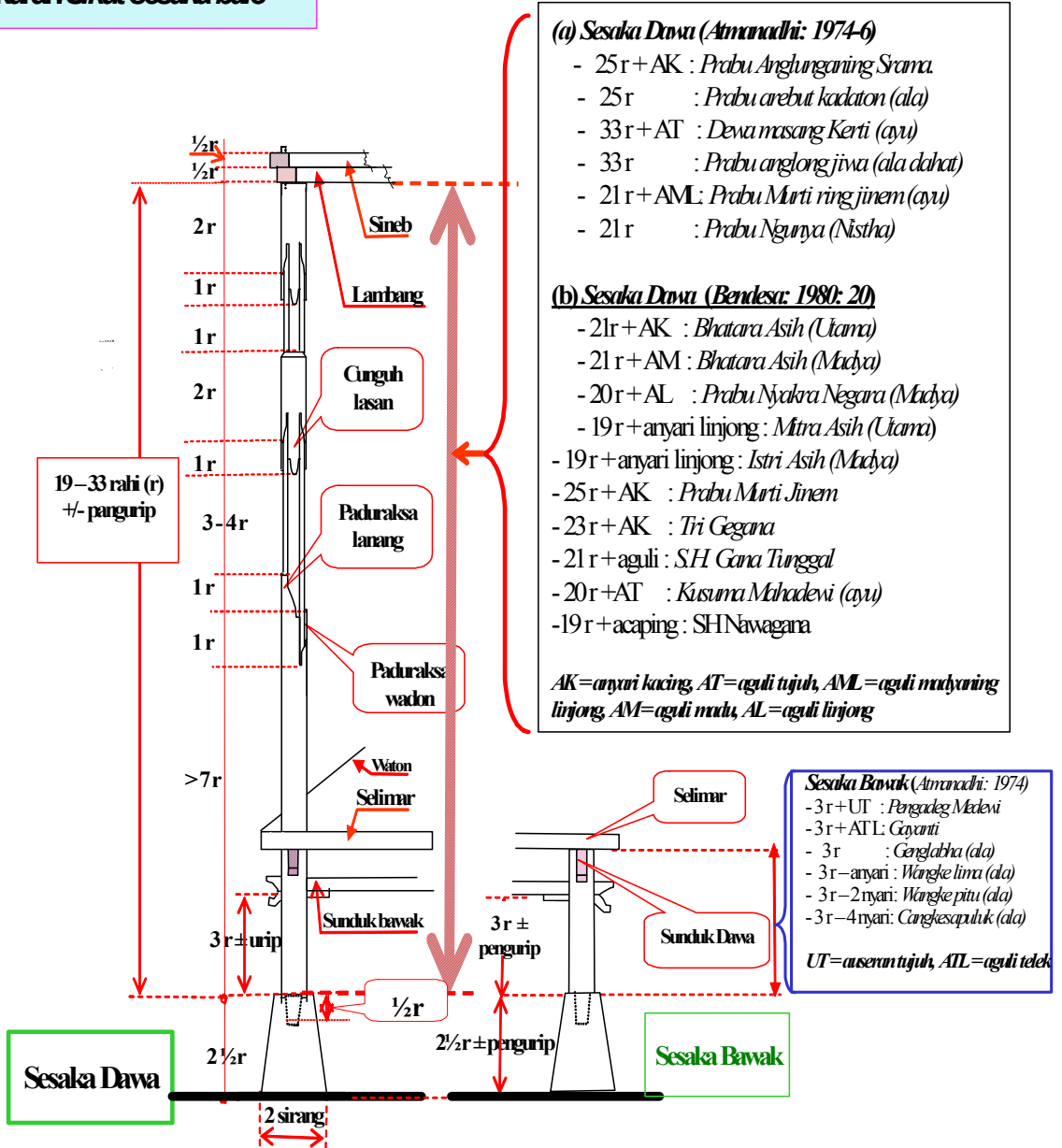
Pada Bangunan Arsitektur Bali, selain tetap mempertahankan sistem struktur sendi harus memperhatikan hubungan struktur utama dengan dinding bangunan dengan menggunakan penguat berupa pasak dari kayu atau bambu. Material dinding bangunan yang digunakan dipilih material ringan dan kuat seperti dinding dari gedek atau rajutan bilah bambu.

DAFTAR PUSTAKA

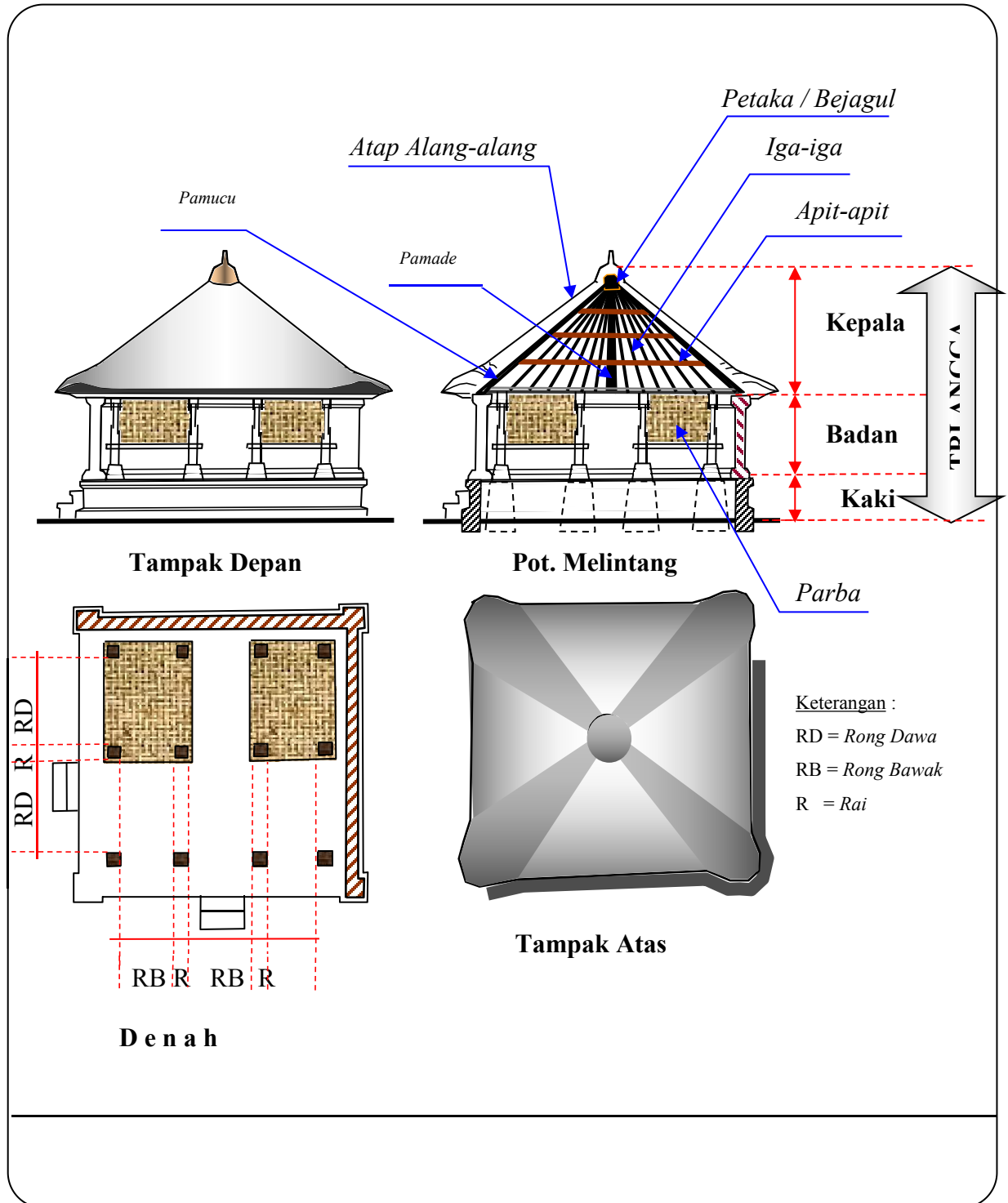
- Dewobroto, W, (2004)., *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP2000*, Jakarta: PT. Elex Media Komputindo
- Hengki W. A, (2009)., Rumah Tahan Gempa dari Senggang Benar, Kompas. Jum'at, 11 Oktober 2009, h-14.
- Nadia, I K., (2005). *Komodifikasi pada Bangunan Bale Saka Roras di Desa Pakraman Kuta*, Tesis: Universitas Hindu Indonesia, Denpasar.
- Pheasant, S., (1991)., *Ergonomics, Work and Health*, London: Mac Millan Academic and Profesional Ltd.
- Suardana, E, P. (2003)., *Nilai-nilai ergonomis Bale pada bangunan Arsitektur Tradisional Bali*, Jakarta: Prosiding Seminar Nasional Ergonomi.
- Sularto, R, (1976)., *Linuh Bali*, Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum. Denpasar: Pusat Informasi Teknik Pembangunan (BIC) Bali.
- Yogasara, T, (2004), *The Use of Computer Aided Design (CATIA V5 R8) For Ergonomics Analysis*, Yogyakarta: Seminar Ergonomi 2, 9 Oktober 2004.

Lampiran 1. Gambar bentuk struktur dan ukuran bangunan tradisional Bali
 Sumber: Nadia, I Ketut (2003)

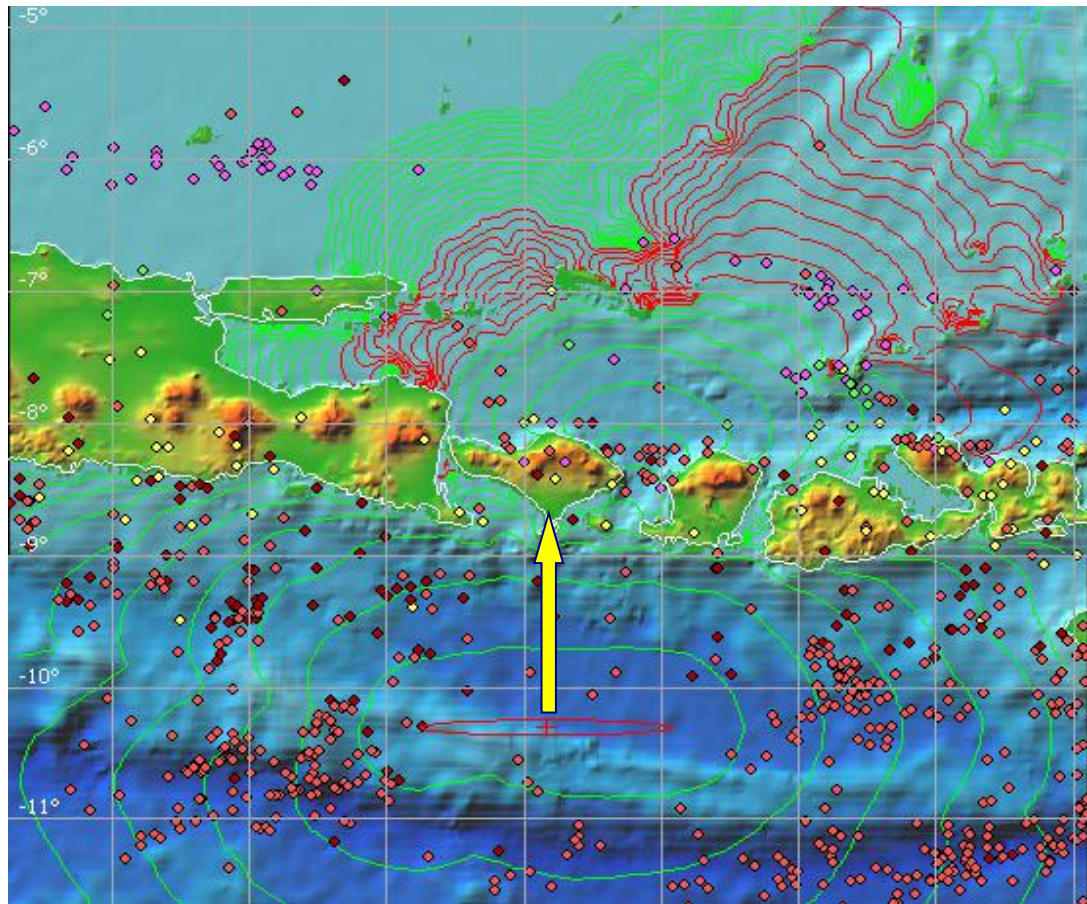
Ukuran/Sikut sesaka bale



Lampiran 2. Gambar Denah, Fasade dan Sistem Konstruksi Bangunan
 Bale Saka Roras pada Bangunan Tradisional Bali
 Sumber: Nadia, I Ketut (2003)



Lampiran 3. Gambar Titik Daerah Sebaran Gempa di Bagian Selatan Bali
Sumber: Daryono (2006)



Lampiran 4. Bangunan roboh akibat guncangan gempa di Yogyakarta,
Sabtu 27 Mei 2006
Sumber: Daryono (2006)

