

BAB IV
DATA DAN ANALISA



SKRIPSI
KAJIAN PERBANDINGAN RUMAH TINGGAL SEDERHANA
DENGAN MENGGUNAKAN BEKISTING BAJA TERHADAP
METODE KONVENSIONAL DARI SISI
METODE KONSTRUKSI DAN KEKUATAN STRUKTUR

IRENE MAULINA (0404210189)

BAB IV

DATA DAN ANALISA

Karakteristik Bangunan :

- Bangunan yang akan ditinjau adalah rumah tinggal sederhana 1 dan 2 lantai dengan luas masing-masing $7,5 \times 6 \text{ m}^2$.
- Struktur rumah tinggal ini berupa rangka portal beton bertulang K-225, dengan berat jenis $= 2400 \text{ kg/m}^3 = 24 \text{ kN/m}^3$, mutu beton yang digunakan $f_c' = 27,5 \text{ Mpa}$ dengan tulangan baja $f_y = 400 \text{ Mpa}$.
- Atap yang digunakan adalah atap baja ringan dengan mutu baja $f_y = 240 \text{ MPa}$ dan berat jenis 5 kg/m^2 untuk tebal plat 2 mm.
- Penutup atap berupa genteng tanah liat dengan berat 25 kg/m^2 .
- Pertemuan pedestal dan balok pengikat dimodelkan sebagai perletakan sendi.
- Pondasi yang digunakan adalah pondasi setempat.
- Material bekisting cara tradisional yang akan digunakan berupa papan randu untuk bekisting kontak dan kayu kaso borneo untuk rangka bekisting.
- Material bekisting baja yang akan digunakan berupa plat baja BJ 37 dengan ketebalan 3 mm untuk bekisting kontak dan ketebalan 2 mm untuk rangka bekisting.
- Bangunan diasumsikan berada di kota Jakarta yang merupakan wilayah gempa 3.

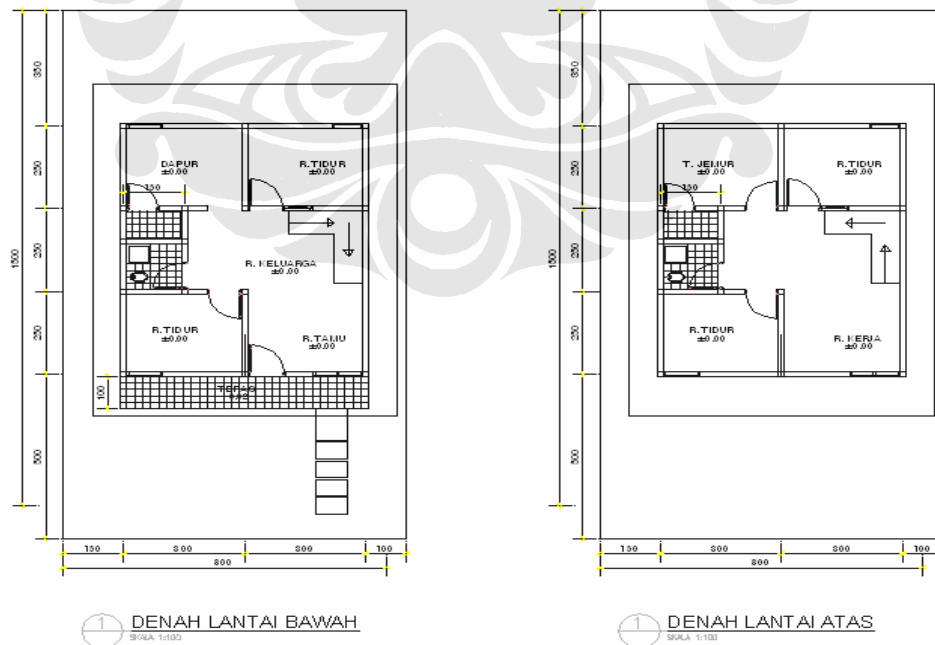
- Tanah berupa tanah sedang dengan daya dukung ijin tanah pada kedalaman 1 m adalah 250 kN/m².

Peraturan-peraturan yang akan digunakan :

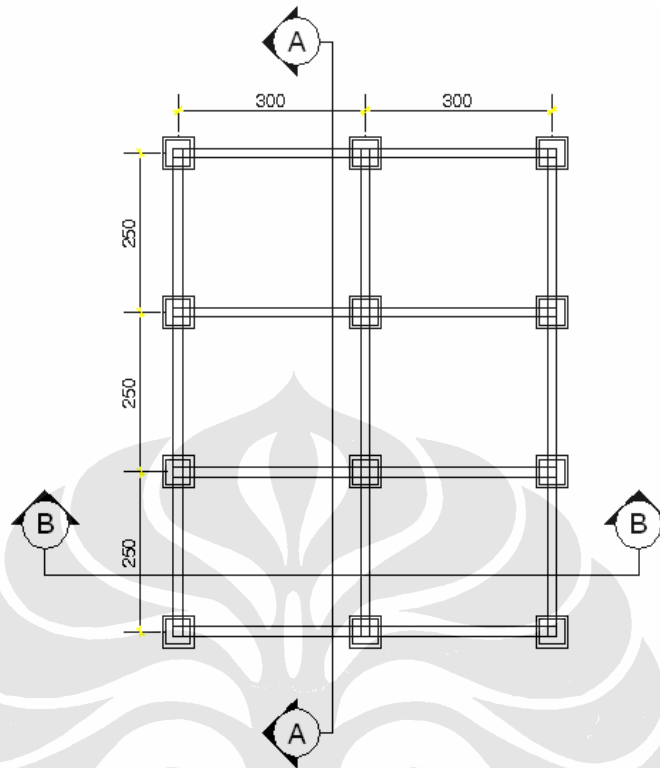
- Pedoman Pembebanan untuk rumah dan gedung SKBI-1.3.53.1987.
- Peraturan Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002.
- Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-5 / 1961.
- Tata Cara Perhitungan Struktur Perhitungan Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002
- Tata Cara Perhitungan Struktur Perhitungan Baja untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002

Gambar perencanaan rumah tinggal sederhana yang akan ditinjau :

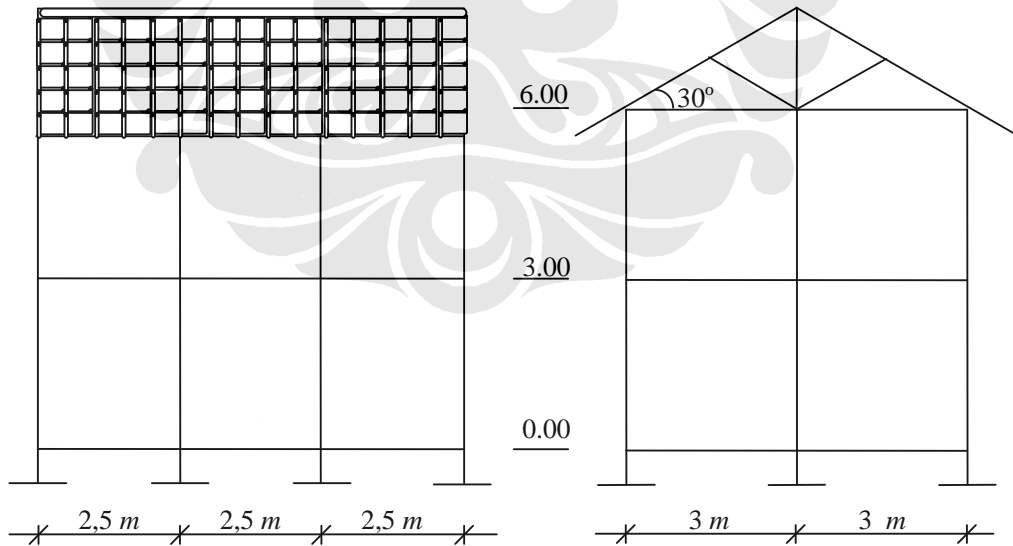
Rumah Tinggal 2 Lantai



Gambar 4.1 : Denah Rumah Tinggal 2 Lantai

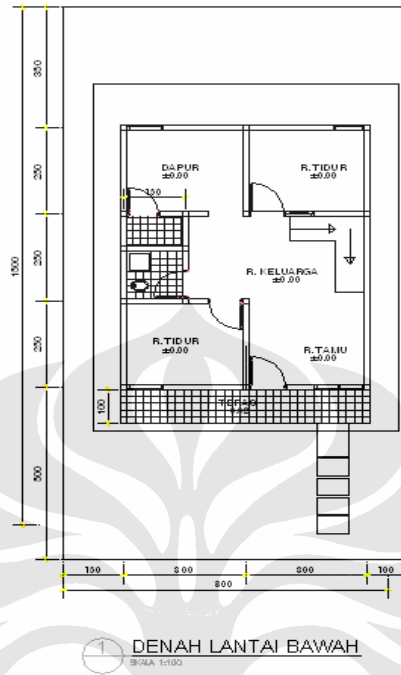


Gambar 4.2 : Permodelan Struktur

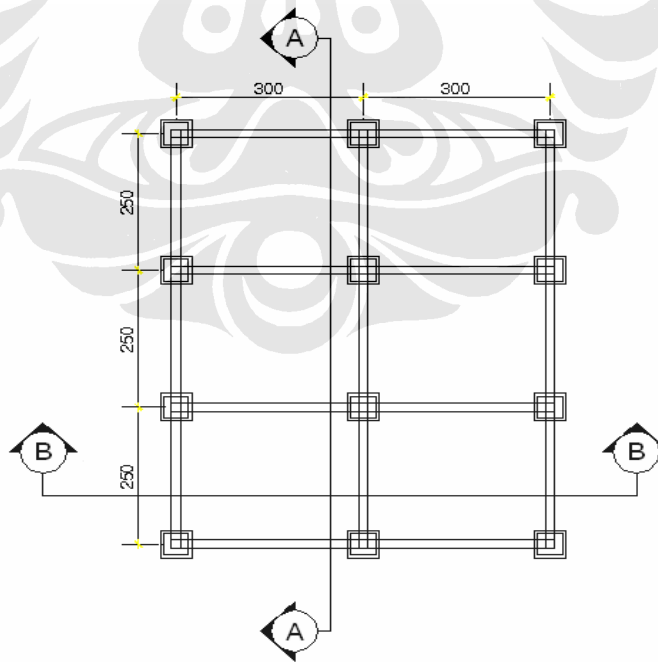


Gambar 4.3 : Potongan A-A dan B-B

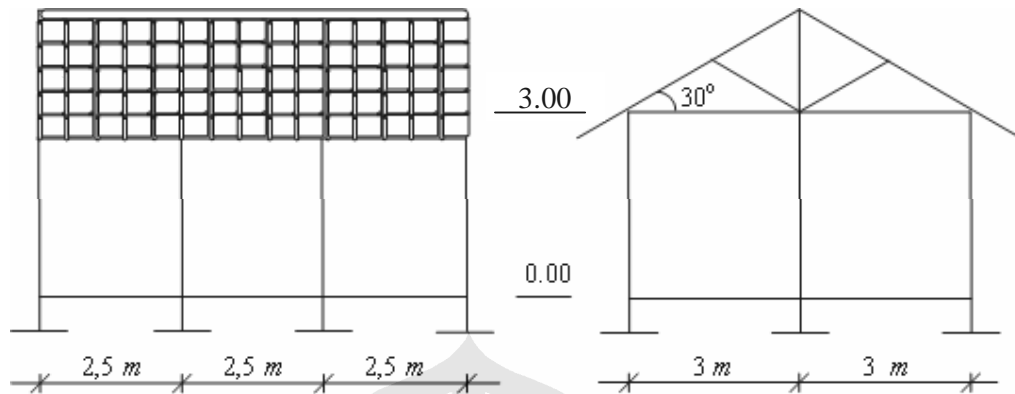
Rumah Tinggal 1 Lantai



Gambar 4.4: Denah Rumah Tinggal 1 Lantai



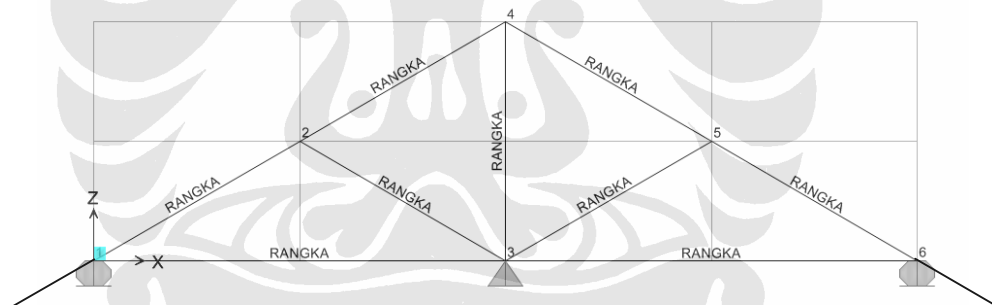
Gambar 4.5 : Permodelan Struktur



Gambar 4.6 : Potongan A-A dan B-B

IV.1 DATA DAN ANALISA STRUKTUR

IV.1.1 Struktur Atap



Gambar 4.7 : Permodelan Stuktur Atap

Jenis Rangka : Atap baja ringan

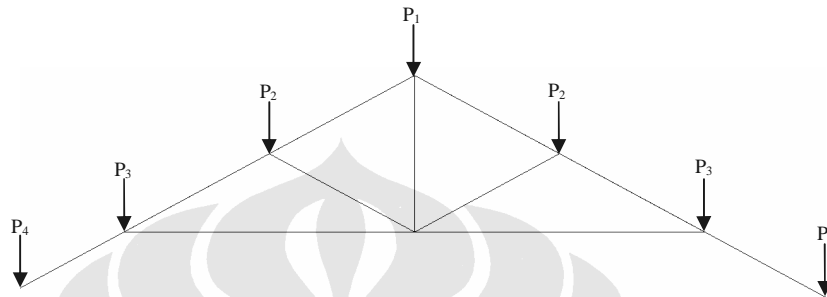
Penutup Atap : Genteng

Jarak Kuda-kuda : 2,5 m

Jarak Gording : 1.44 m

Beban –beban yang bekerja pada struktur atap, baik bangunan 1 lantai maupun bangunan 2 lantai adalah :

1. Beban mati



Gambar 4.8 : Permodelan Beban Mati pada Atap

- a. Gording direncanakan menggunakan Baja Ringan, yang diletakkan pada tiap titik buhul, dengan berat = $0,05 \text{ kN/m}^2$ untuk tebal 0,2 mm, maka akibat beban gording pada titik buhul adalah :

	Kuda-kuda 1	Kuda-kuda 2	Kuda-kuda 3	Kuda-kuda 4
Gording 1 (P_1)	0,017	0,034	0,034	0,017
Gording 2 (P_2)	0,011	0,021	0,021	0,011
Gording 3 (P_3)	0,011	0,021	0,021	0,011
Gording 4 (P_4)	0,011	0,021	0,021	0,011

Tabel 4.1 : Beban gording pada atap

- b. Sopi-sopi berupa plat seng ringan yang mana berat nya dapat diabaikan.
- c. Penutup atap menggunakan genteng tanah liat, berat = $0,25 \text{ kN/m}^2$

	Kuda-kuda 1	Kuda-kuda 2	Kuda-kuda 3	Kuda-kuda 4
Gording 1 (P_1)	0,541	1,083	1,083	0,541
Gording 2 (P_2)	0,541	1,083	1,083	0,541
Gording 3 (P_3)	0,496	0,992	0,992	0,496
Gording 4 (P_4)	0,225	0,451	0,451	0,225

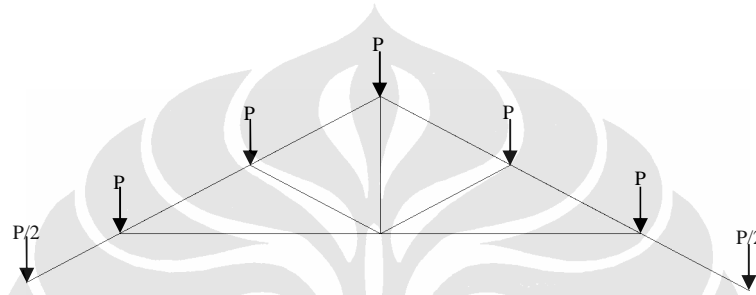
Tabel 4.2 : Beban penutup atap pada atap

d. Total beban mati yang bekerja

	Kuda-kuda 1	Kuda-kuda 2	Kuda-kuda 3	Kuda-kuda 4
Gording 1 (P_1)	0,558	1,117	1,117	0,558
Gording 2 (P_2)	0,552	1,104	1,104	0,552
Gording 3 (P_3)	0,507	1,013	1,013	0,507
Gording 4 (P_4)	0,236	0,472	0,472	0,236

Tabel 4.3 : Beban mati pada atap

2. Beban hidup



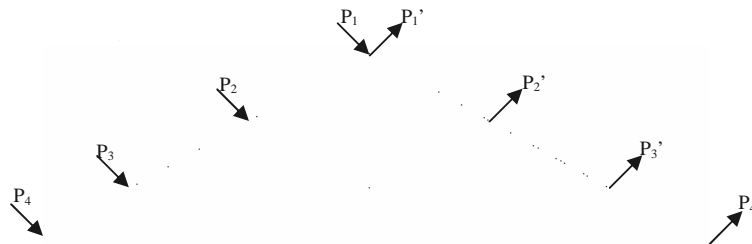
Gambar 4.9 : Permodelan Beban Hidup pada Atap

Beban hidup untuk atap yang diperhitungkan adalah sebesar 100 kg, berasal dari berat seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya.

	Kuda-kuda 1	Kuda-kuda 2	Kuda-kuda 3	Kuda-kuda 4
Gording 1 (P)	1	1	1	1
Gording 2 (P)	1	1	1	1
Gording 3 (P)	1	1	1	1
Gording 4 ($P/2$)	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabel 4.4 : Beban hidup pada atap

3. Beban angin



Gambar 4.10 : Permodelan Beban Angin pada Atap

Beban angin yang diambil = 0,25 kN/m² (PMI 1970, pasal 4.2.2)

a. Koefisien angin tekan (pada muka angin) = $0,02 \alpha - 0,4 = 0$,

	Kuda-kuda 1	Kuda-kuda 2	Kuda-kuda 3	Kuda-kuda 4
Gording 1	0,054	0,108	0,108	0,054
Gording 2	0,108	0,217	0,217	0,108
Gording 3	0,099	0,198	0,198	0,099
Gording 4	0,045	0,090	0,090	0,045

Tabel 4.5 : Beban angin tekan pada atap

b. Koefisien angin muka belakang / angin hisap (-0,4)

	Kuda-kuda 1	Kuda-kuda 2	Kuda-kuda 3	Kuda-kuda 4
Gording 1	0,217	0,433	0,433	0,217
Gording 2	0,217	0,433	0,433	0,217
Gording 3	0,198	0,397	0,397	0,198
Gording 4	0,090	0,180	0,180	0,090

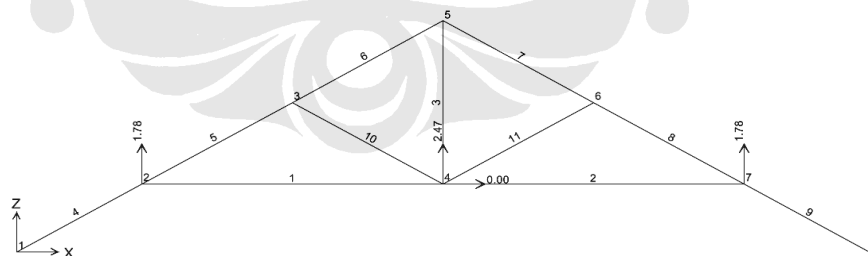
Tabel 4.6 : Beban angin hisap pada atap

Analisa Struktur atap dilakukan dengan menggunakan program SAP2000 v.8.

Dari Perhitungan analisa didapat nilai reaksi pada perletakan, yang nantinya akan digunakan sebagai beban atap pada perhitungan struktur bangunan rumah tinggal.

Nilai reaksi perletakan yang didapat adalah sebagai berikut:

Akibat beban mati

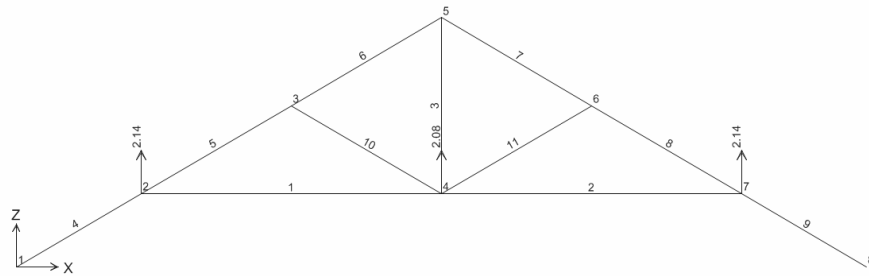


Gambar 4.11 : Reaksi Perletakan Akibat Beban Mati

Joint	U1	U2	U3
Text	KN	KN	KN
2	0	0	1,783
4	0	0	2,467
7	0	0	1,783

Tabel 4.7 : Reaksi Perletakan Akibat Beban Mati

Akibat beban hidup

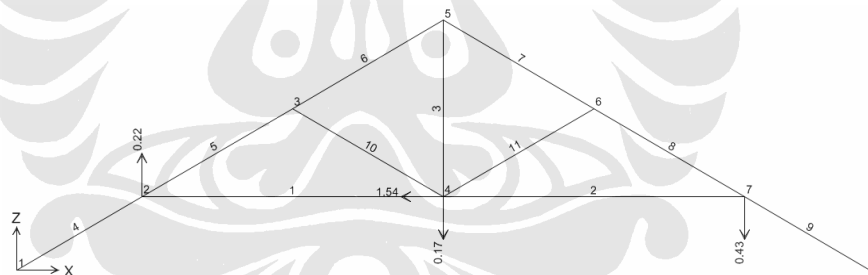


Gambar 4.12 : Reaksi Perletakan Akibat Beban Hidup

Joint	U1	U2	U3
Text	KN	KN	KN
2	0	0	2,143
4	0	0	2,079
7	0	0	2,143

Tabel 4.8 : Reaksi Perletakan Akibat Beban Hidup

Akibat beban angin kanan

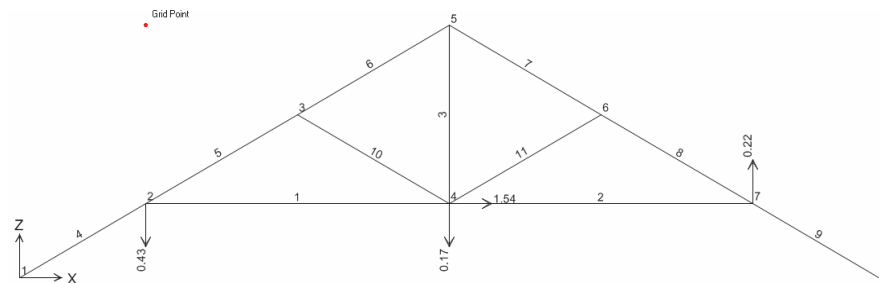


Gambar 4.13 : Reaksi Perletakan Akibat Beban Angin Tekan

Joint	U1	U2	U3
Text	KN	KN	KN
2	0	0	0,217
4	-1,543	0	-0,175
7	0	0	-0,432

Tabel 4.9 : Reaksi Perletakan Akibat Beban Angin Tekan

Akibat beban angin kiri



Gambar 4.14 : Reaksi Perletakan Akibat Beban Angin Hisap

Joint	U1	U2	U3
Text	KN	KN	KN
2	0	0	-0,432
4	1,543	0	-0,175
7	0	0	0,217

Tabel 4.10 : Reaksi Perletakan Akibat Beban Angin Hisap

IV.1.2 Struktur Bangunan

Perhitungan struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan program SAP 2000 dan excel. Pada perhitungan analisa struktur, diperlukan data-data input berupa data material, data dimensi penampang, data pembebanan data perletakan struktur. Pada penelitian ini ditinjau 2 type rumah tinggal yaitu :

1. Rumah tinggal dengan menggunakan bekisting cara tradisional
2. Rumah tinggal dengan menggunakan bekisting baja

Rumah tinggal tersebut dibedakan dalam dimensi penampang elemen, baik elemen balok/ sloof/ ringbalok dan kolom. Sedangkan dimensi pondasi disamakan.

Beban yang bekerja

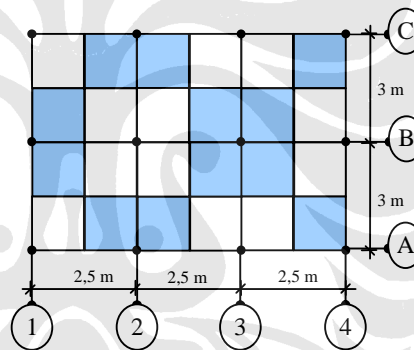
1. Beban mati

a. Beban Mati Atap

Hasil distribusi beban mati atap menuju perletakan atap pad struktur bangunan.

b. Beban plafond

Berat langit-langit dan penggantung langit-langit adalah sebesar $18 \text{ kg/m}^2 = 0,18 \text{ kN/m}^2$. Beban berupa beban trapesium dan segitga seperti pada gambar, dengan nilai puncak 0.45 kN .



Gambar 4.15 : Distribusi Beban Mati pada Lantai Atap Akibat Beban Plafond Menuju Titik Buhul

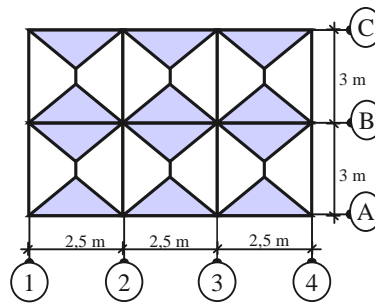
c. Beban Lantai Atas

Beban Pelat beton bertulang dengan tebal $10 \text{ cm} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,1 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}^2 = 2,4 \text{ kN/m}^2$.

Beban Penutup Lantai dengan tebal $2 \text{ cm} = 24 \text{ kg/m}^2 \times 2 = 48 \text{ kg/m}^2 = 0,48 \text{ kN/m}^2$.

Berat langit-langit dan penggantungnya $= 18 \text{ kg/m}^2 = 0,18 \text{ kN/m}^2$.

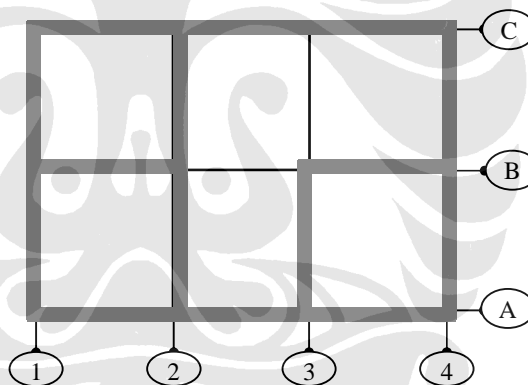
Berat total beban mati pada lantai atas $= 3,06 \text{ kN/m}^2$.



Gambar 4.16 : Distribusi Beban Mati pada Lantai Atas

d. Beban dinding

Dinding berupa pasangan bata merah setengah bata dengan berat $250 \text{ kg/m}^2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$. Beban berupa beban merata pada tiap tiap balok dan sloof yang menanggung beban.



Gambar 4.17 : Posisi Dinding pada Bangunan

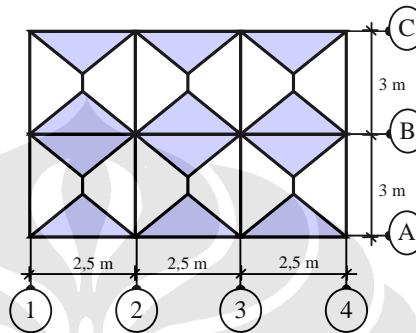
2. Beban Hidup

a. Beban Hidup Atap

Hasil distribusi beban hidup atap menuju perletakan atap pad struktur bangunan.

b. Beban Hidup Lantai 2

Berat beban hidup untuk lantai rumah tinggal sederhana adalah sebesar $125 \text{ kg/m}^2 = 1,25 \text{ kN/m}^2$. Sama seperti beban lantai, beban hidup lantai juga didistribusikan menjadi beban trapesium dan segitiga.



Gambar 4.18 : Distribusi Beban Hidup pada Lantai Atas

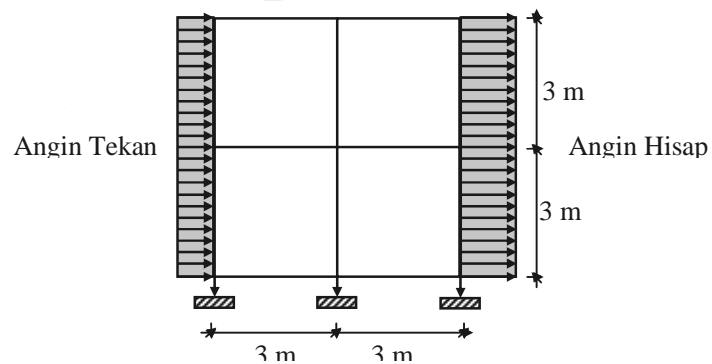
3. Beban Angin Kiri dan Kanan

a. Beban Angin Atap

Hasil distribusi beban angin atap menuju perletakan atap pad struktur bangunan.

b. Beban Angin

Tekanan tiup diambil sebesar 25 kg/m^2 , dengan koefisien angin tekan sebesar 0,9 dan angin hisap 0,4.



Gambar 4.19 : Permodelan Beban Angin pada Bangunan

4. Beban Gempa Statik Ekivalent

Asumsi rumah tinggal berada pada daerah Jakarta dengan jenis tanah, tanah sedang,

Wilayah gempa = Wilayah 3

Tinggi bangunan $h = 6\text{m}$

Waktu Getar Bangunan $T = C_t h_n^{3/4} = 0,28$

(Cara Empiris dari UBC 1997)

Faktor Respons Gempa $C = 0,55$

Faktor Keutamaan Bangunan $I = 1$ (Gedung umum untuk penghunian)

Faktor reduksi gempa maksimum $R = 3,5$ (Rangka pemikul momen biasa (SRPMB) untuk bangunan betin bertulang)

Gaya geser dasar $V = \frac{C_t I}{R} W_t$

Berat Total Bangunan :

	Berat lantai 1 W_1	Berat lantai 2 W_2	Berat total W_t	Gaya Geser Dasar (V)
Rumah Tinggal 1 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	111,412 kN	-	111,412 kN	17,508 kN
Dengan Bekisting cara tradisional	111,409 kN	-	111,409 kN	17,507 kN
Rumah Tinggal 2 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	589,152 kN	116,639 kN	714,791 kN	112,324 kN
Dengan Bekisting cara tradisional	576,553 kN	71,458 kN	648,011 kN	101,830 kN

Tabel 4.11 : Berat total tiap bangunan.

Distribusi Gaya geser permasing-masing lantai

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i Z_i} V$$

	Gaya Geser Dasar (V)	Gaya gempa Lantai 1	Gaya gempa Lantai 2
Rumah Tinggal 1 Lantai			
Dengan Bekisting Baja	17,508 kN	17,508 kN	-
Dengan Bekisting cara tradisional	17,507 kN	17,507 kN	-
Rumah Tinggal 2 Lantai			
Dengan Bekisting Baja	112,324 kN	80,809 kN	31,515 kN
Dengan Bekisting cara tradisional	101,830 kN	81,603 kN	20,228kN

Tabel 4.12 : Distribusi gaya masing-masing lantai tiap bangunan

Kriteria Diafragma

Kriteria diafragma dilakukan sesuai dengan UBC *Section* 1628.5, dimana diafragma dikatakan fleksibel, jika perpindahan titik tengah bentang struktur yang ditinjau, lebih besar dari dua kali perpindahan rata-rata dari ujung bentang struktur yang ditinjau ($\delta_M > 2\delta_A$). Dan dikatakan *rigid/ kaku* jika sebaliknya ($\delta_M \leq 2\delta_A$).

Dengan mendistribusikan beban gempa pada ujung-ujung kolom sesuai persentase gaya aksial yang terjadi, baik arah-x maupun arah-y, didapat nilai perpindahan struktur yang terjadi.

Pengecekan Diafragma Arah X

	δ_1	δ_2	δ_A	δ_M	$2*\delta_A$	Diafragma
Rumah Tinggal 1 Lantai						
Dengan Bekisting Baja	0,00627	0,00627	0,00627	0,00702	0,01404	Rigid/ Kaku
Dengan Bekisting cara tradisional	0,000615	0,000615	0,000615	0,000958	0,001916	Rigid/ Kaku
Rumah Tinggal 2 Lantai						
Dengan Bekisting Baja						
Lantai 1	0,02787	0,02667	0,02727	0,02727	0,05454	Rigid/ Kaku
Lantai 2	0,04686	0,04526	0,04606	0,04706	0,09412	Rigid/ Kaku
Dengan Bekisting cara tradisional						
Lantai 1	0,01574	0,01574	0,01574	0,01574	0,03148	Rigid/ Kaku
Lantai 2	0,03304	0,03304	0,03304	0,03683	0,07366	Rigid/ Kaku

Tabel 4.13 : Kondisi Diafragma Arah X

Pengecekan Diafragma Arah Y

	δ_1	δ_2	δ_A	δ_M	$2*\delta_A$	Diafragma
Rumah Tinggal 1 Lantai						
Dengan Bekisting Baja	0,00517	0,00519	0,00518	0,00582	0,01164	Rigid/ Kaku
Dengan Bekisting cara tradisional	0,000719	0,000615	0,000667	0,00114	0,00228	Rigid/ Kaku
Rumah Tinggal 2 Lantai						
Dengan Bekisting Baja						
Lantai 1	0,02193	0,02083	0,02138	0,02138	0,04276	Rigid/ Kaku
Lantai 2	0,03608	0,02307	0,029575	0,03566	0,07132	Rigid/ Kaku
Dengan Bekisting cara tradisional						
Lantai 1	0,0177	0,01652	0,01711	0,01711	0,03422	Rigid/ Kaku
Lantai 2	0,0248	0,0227	0,02375	0,03888	0,07776	Rigid/ Kaku

Tabel 4.14 : Kondisi Diafragma Arah Y

Setelah dilakukan pengecekan didapat hasil bahwa diafragma struktur bangunan yang ditinjau adalah *rigid/ kaku*. Sehingga beban gempa yang terjadi didistribusikan ke pusat massa. Dan dengan memperhitungkan gaya tambahan akibat torsi, maka beban gempa didistribusikan ke pusat massa disain dengan mencari nilai eksentrisitas desain terlebih dahulu.

Pusat Massa

Pusat massa masing-masing lantai, diperoleh dari hasil Perhitungan SAP 2000 dengan beban kombinasi 100% beban mati dan 30% beban hidup untuk bangunan 2 lantai dan 100% beban mati untuk 1 lantai. Dari hasil gaya aksial kolom akibat beban mati tiap lantai, dpt kita tentukan titik tangkap resultante nya / pusat massa nya.

	Lantai 1		Lantai 2	
	Pusat massa Arah (X)	Pusat massa Arah (Y)	Pusat massa Arah (X)	Pusat massa Arah (Y)
Rumah Tinggal 1 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	3,006	3,75	-	-
Dengan Bekisting cara tradisional	2,988	3,75	-	-
Rumah Tinggal 2 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	2,952	3,791	3	3,75
Dengan Bekisting cara tradisional	2,949	3,794	3	3,75

Tabel 4.15 : Pusat massa masing-masing lantai tiap bangunan

Pusat Rotasi

Pusat rotasi diperoleh dengan meletakkan beban horizontal akibat beban gempa arah x dan arah y pada pusat masa di tiap-tiap lantai. Dari hasil analisa SAP didapat nilai gaya geser tiap-tiap kolom. Dari hasil tersebut dapat kita tentukan titik tangkap rotasi tiap-tiap lantai.

	Lantai 1		Lantai 2	
	Pusat rotasi Arah (X)	Pusat rotasi Arah (Y)	Pusat rotasi Arah (X)	Pusat rotasi Arah (Y)
Rumah Tinggal 1 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	3	3,75	-	-
Dengan Bekisting cara tradisional	3	3,75	-	-
Rumah Tinggal 2 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	2,987	3,767	2,986	3,769
Dengan Bekisting cara tradisional	2,986	3,764	2,987	3,763

Tabel 4.16 : Pusat rotasi masing-masing lantai tiap bangunan

Eksentrisitas Teoritis

$$e = |PM - PR|$$

	Lantai 1		Lantai 2	
	Eksentrisitas Teoritis (X)	Eksentrisitas Teoritis (Y)	Eksentrisitas Teoritis (X)	Eksentrisitas Teoritis (Y)
Rumah Tinggal 1 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	0,006	0	-	-
Dengan Bekisting cara tradisional	-0,012	0	-	-
Rumah Tinggal 2 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	-0,034	0,027	0,013	-0,014
Dengan Bekisting cara tradisional	-0,039	0,027	0,014	-0,019

Tabel 4.17 : Eksentrisitas teoritis masing-masing lantai tiap bangunan

Eksentrisitas Desain**Gempa x**

$$B=7,5 ; 0.3 B=2,25$$

$$0 < e \leq 0.3b ; \text{ Msk Rumus No.1}$$

$$e_d = 1,5e + 0,05b \text{ atau } e_d = e - 0,05b$$

Gempa y

$$B=6 ; 0.3 B=1,8$$

$$0 < e \leq 0.3b ; \text{ Msk Rumus No.1}$$

$$e_d = 1,5e + 0,05b \text{ atau } e_d = e - 0,05b$$

	Lantai 1		Lantai 2	
	Eksentrisitas Desain (X)	Eksentrisitas Desain (Y)	Eksentrisitas Desain (X)	Eksentrisitas Desain (Y)
Rumah Tinggal 1 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	0,309	0,375	-	-
Dengan Bekisting cara tradisional	0,282	0,375	-	-
Rumah Tinggal 2 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	0,249	0,416	0,319	0,355
Dengan Bekisting cara tradisional	-0,039	0,027	0,014	-0,019

Tabel 4.18 : Eksentrisitas desain masing-masing lantai tiap bangunan**Titik tangkap bekerjanya beban gempa**

Titik tangkap bekerjanya beban gempa adalah titik pusat massa yang sudah di geser sebesar $\Delta = e_d - e$.

$$PM_i + (e_{di} - e)$$

	Lantai 1		Lantai 2	
	Arah (X)	Arah (Y)	Arah (X)	Arah (Y)
Rumah Tinggal 1 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	3,309	4,125	-	-
Dengan Bekisting cara tradisional	3,282	4,125	-	-
Rumah Tinggal 2 Lantai				
Dengan Bekisting Baja	3,235	4,180	3,306	4,158
Dengan Bekisting cara tradisional 1	3,229	4,183	3,307	4,116

Tabel 4.19 : Titik tangkap bekerjanya beban gempa masing-masing lantai tiap bangunan

Setelah beban gempa dimodelkan pada struktur bangunan, kemudian dilakukan kombinasi pembebanan dan analisa struktur.

Pada rumah tinggal dengan menggunakan bekisting cara tradisional, pekerjaan pasangan batu bata dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan struktur. Sehingga dimensi lebar penampang elemen mengikuti lebar dinding. Pada penelitian ini asumsi dinding menggunakan pasangan setengah bata dengan lebar 10 cm. Dimensi penampang yang digunakan adalah:

- untuk rumah tinggal 1 lantai

	Lebar	Panjang
Kolom	10	20 cm
Ring	10	10 cm
Sloof	10	25 cm

Tabel 4.20 : Dimensi elemen rumah tinggal 1 lantai menggunakan bekisting cara tradisional.

Dari hasil perhitungan struktur diperoleh jumlah tulangan sebagai berikut :

		Sloof	Ring Balok	Kolom
		10x25	10x10	10x20
Tulangan Lentur	Tulangan Tarik			
	Diameter Tulangan	D 12 mm	D 10 mm	D 12 mm
	Luas Tulangan Max	420 mm ²	112 mm ²	618 mm ²
	Jumlah Tulangan	4 bh	2 bh	6 bh
	Tulangan tekan			
	Diameter Tulangan	D 12 mm	D 10 mm	- -
	Luas Tulangan Max	236 mm ²	54 mm ²	- -
Jumlah Tulangan	3 bh	1 bh	- -	
Tulangan Geser	Tulangan Geser			
	Diameter Tulangan	D 8 mm	D 6 mm	D 6 mm
	Luas Tulangan Max /m	125 mm ²	0 mm ²	0 mm ²
	Jarak Tulangan	200 mm	200 bh	200 bh

Tabel 4.21 : Jumlah dan dimensi tulangan tiap elemen rumah tinggal 1 lantai menggunakan bekisting cara tradisional

- untuk rumah tinggal 2 lantai

	Lebar	Panjang
Kolom lt.1	10 cm	40 cm
Kolom lt.2	10 cm	20 cm
Ring Balok	10 cm	10 cm
Balok	10 cm	30 cm
Sloof	10 cm	25 cm

Tabel 4.22 : Dimensi elemen rumah tinggal 2 lantai menggunakan bekisting cara tradisional

Dari hasil perhitungan struktur diperoleh jumlah tulangan sebagai berikut :

		Sloof	Balok	Ring Balok	Kolom lt.1	Kolom lt.2
		10x25	10x30	10x10	10x40	10x20
Tulangan Lentur	Tulangan tarik					
	Diameter Tulangan	D 12 mm	D 12 mm	D 10 mm	D 16 mm	D 12 mm
	Luas Tulangan Max	639 mm ²	626 mm ²	109 mm ²	2155 mm ²	392 mm ²
	Jumlah Tulangan	6 bh	6 bh	2 bh	11 bh	4 bh
	Tulangan tekan					
	Diameter Tulangan	D 12 mm	D 12 mm	D 10 mm		
	Luas Tulangan Max	297 mm ²	293 mm ²	54 mm ²		
Jumlah Tulangan	3 bh	3 bh	1 bh			
Tulangan Geser	Diameter Tulangan	D 10 mm	D 10 mm	D 10 mm	D 8 mm	D 6 mm
	Luas Tulangan Max /m	188 mm ²	235 mm ²	0 mm ²	125 mm ²	0 mm ²
	Jarak Tulangan	200 mm	200 mm	200 mm	200 mm	200 mm

Tabel 4.23 : Jumlah dan dimensi tulangan tiap elemen rumah tinggal 2 lantai menggunakan bekisting cara tradisional

Pada Rumah Tinggal dengan bekisting baja, pekerjaan struktur dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan pasangan batu bata. Untuk mempermudah pabrikan dan penyetelan, maka dimensi kolom baik 1 lantai maupun 2 lantai disamakan hanya tulangnya saja yang dibedakan. Untuk balok dan sloof juga disamakan baik 1 lantai maupun 2 lantai. Sedangkan ring balok tidak disamakan, karena akan boros pada pembetonannya. Dimensi yang di gunakan adalah :

	Lebar	Panjang
Kolom	20 cm	20 cm
Balok n Sloof	15 cm	20 cm
Ring Balok	15 cm	15 cm

Tabel 4.24 : Dimensi elemen rumah tinggal 1 dan 2 lantai menggunakan bekisting baja

Dari hasil perhitungan struktur diperoleh jumlah tulangan sebagai berikut :

Rumah tinggal 1 lantai

		Sloof	Ring Balok	Kolom
		15x20	15x15	20x20
Tulangan Lentur	Tulangan Atas			
	Diameter Tulangan	D 12 mm	D 10 mm	D 12 mm
	Luas Tulangan Max	455 mm ²	127 mm ²	574 mm ²
	Jumlah Tulangan	5 bh	2 bh	6 bh
	Tulangan Bawah			
	Diameter Tulangan	D 12 mm	D 10 mm	
	Luas Tulangan Max	245 mm ²	83 mm ²	
Jumlah Tulangan	3 bh	2 bh		
Tulangan Geser	Tulangan Atas			
	Diameter Tulangan	D 8 mm	D 6 mm	D 6 mm
	Luas Tulangan Max/m	199 mm ²	0 mm ²	0 mm ²
	Jarak Tulangan	200 mm	200 bh	200 bh

Tabel 4.25 : Jumlah dan dimensi tulangan tiap elemen rumah tinggal 1 lantai menggunakan bekisting baja

Rumah tinggal 2 lantai

		Sloof	Balok	Ring Balok	Kolom lt.1	Kolom lt2
		15x20	15x20	15x15	20x20	20x20
Tulangan Lentur	Tulangan Atas					
	Diameter Tulangan	D 12 mm	D 16 mm	D 10 mm	D 16 mm	D 12 mm
	Luas Tulangan Max	546 mm ²	617 mm ²	61 mm ²	1654 mm ²	350 mm ²
	Jumlah Tulangan	5 bh	4 bh	1 bh	9 bh	4 bh
	Tulangan Bawah					
	Diameter Tulangan	D 12 mm	D 16 mm	D 10 mm		
	Luas Tulangan Max	254 mm ²	289 mm ²	40 mm ²		
Jumlah Tulangan	3 bh	2 bh	1 bh			
Tulangan Geser	Tulangan Atas					
	Diameter Tulangan	D 8 mm	D 8 mm	D 8 mm	D 8 mm	D 6 mm
	Luas Tulangan Max /m	203 mm ²	227 mm ²	0 mm ²	125 mm ²	0 mm ²
	Jarak Tulangan	200 mm	200 mm	200 mm	150 mm	200 mm

Tabel 4.26 : Jumlah dan dimensi tulangan tiap elemen rumah tinggal 2 lantai menggunakan bekisting baja

Dari hasil analisa struktur didapat nilai gaya-gaya dalam elemen, gaya aksial (Pu), gaya momen (Mu) dan gaya geser (Vu). Juga dapat kita peroleh nilai lendutan maximum yang terjadi. Nilai gaya-gaya dalam dan lendutan maksimum yang diperoleh adalah:

1. Bangunan rumah tinggal satu lantai dengan bekisting cara tradisional :

	Pu	Vu-x	Vu-y	Mu-x	Mu-y	$\delta u-x$	$\delta u-y$
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	cm	cm
Sloof	0	27,13	6,79E-05	9,29E-05	16,7073	0,124479	0
Ring Balok	0	1,587	1,21E-18	3,04E-18	1,0335	0,057481	0
Kolom	16,086	2,385	0,7	1,5565	5,4123	0,14733	0,027877

Tabel 4.27 : Gaya-gaya dalam dan lendutan tiap elemen rumah tinggal 1 lantai menggunakan bekisting cara tradisional

2. Bangunan rumah tinggal dua lantai dengan bekisting cara tradisional :

	Pu	Vu-x	Vu-y	Mu-x	Mu-y	$\delta u-x$	$\delta u-y$
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	cm	cm
Kolom lt.1	125,774	14,859	16,829	28,8802	26,0565	0,018647	0,001288
Kolom lt.2	16,202	1,879	1,308	3,5401	4,7865	0,072924	0,003994
Ring Balok	0	1,589	1,11E-16	2,78E-16	0,883	0,075247	0
Balok	0	33,982	7,22E-17	4,77E-16	25,8932	0,104299	0
Sloof	0	22,26	0,034	0,0451	17,4504	0,087714	0

Tabel 4.28 : Gaya-gaya dalam dan lendutan tiap elemen rumah tinggal 2 lantai menggunakan bekisting cara tradisional

3. Bangunan rumah tinggal satu lantai dengan bekisting baja :

	Pu	Vu-x	Vu-y	Mu-x	Mu-y	$\delta u-x$	$\delta u-y$
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	cm	cm
Sloof	0	25,022	0,032	0,0428	14,3512	0,109134	0,000015
Ring Balok	1,42E-14	2,995	2,26E-16	5,72E-16	2,5305	0,012667	0
Kolom	23,116	3,531	2,628	5,5942	8,6458	0,062445	0,010024

Tabel 4.29 : Gaya-gaya dalam dan lendutan tiap elemen rumah tinggal 1 lantai menggunakan bekisting baja

4. Bangunan rumah tinggal satu lantai dengan bekisting baja :

	Pu	Vu-x	Vu-y	Mu-x	Mu-y	δu-x	δu-y
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	cm	cm
Kolom lt.1	151,705	14,547	12,95	20,003	22,1749	0,009837	0,001369
Kolom lt.2	28,341	5,49	4,791	11,9728	13,8497	0,051381	0,00275
Ring Balok	0	3,701	8,88E-16	2,25E-15	2,4755	0,018274	0
Balok	0	37,618	1,81E-15	2,73E-15	21,8402	0,161286	0
Sloof	0	27,265	0,138	0,1859	18,3707	0,096814	0

Tabel 4.30 : Gaya-gaya dalam dan lendutan tiap elemen rumah tinggal 2 lantai menggunakan bekisting baja

IV.1.3 Perbandingan Elemen Struktur Bangunan

Nilai gaya-gaya dalam maksimum kemudian di bandingkan terhadap nilai nominal dari tiap tiap elemen setelah dikalikan dengan faktor keamanan. Perbandingan kekuatan struktur dan daya layan dilakukan pada elemen dan kombinasi yang sama, baik elemen balok, sloof, ringbalok maupun kolom.

Struktur Balok/ Sloof/ Ring Balok

Kuat lentur balok

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

- dimana ;

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

Syarat kekuatan lentur:

$$M_u \leq \Phi M_n$$

$$\text{Rasio Kekuatan lentur} = \frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

Kuat geser balok:

$$V_u \leq \Phi V_n$$

▪ dimana :

$$V_n = \Phi (V_c + V_s)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

▪ Jika $\Phi V_c > V_u$, maka V_s tidak perlu diperhitungkan

$$\text{Rasio Kuat geser} = \frac{V_u}{\Phi V_n} \leq 1$$

Daya layan balok

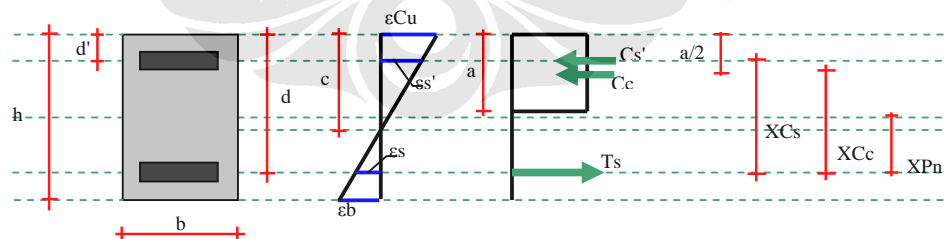
$$\delta \leq \bar{\delta}$$

$$\bar{\delta} = \frac{L}{240}$$

$$\text{Rasio Lendutan} = \frac{\delta}{\bar{\delta}} \leq 1$$

Struktur Kolom

Kuat lentur kolom



Gambar 4.20 : Penampang kolom beton bertulang

$$\epsilon_{cu} = 0,003 \text{ Kondisi Balance dimana } \epsilon_s = \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = 0,002$$

$$\square \frac{C}{\varepsilon_{cu}} = \frac{d}{\varepsilon_s + \varepsilon_{cu}}$$

$$\square \frac{\varepsilon_s'}{C-d'} = \frac{\varepsilon_{cu}}{C}$$

$$\square a = 0,85.C$$

$$\square Cc = 0,85.fc'.a.b$$

$$\square Cs' = As'.fy - 0,85. fc'. As'$$

$$\square Ts = As.fs = As.\varepsilon_s'.E_s$$

$$\square Pn = Cc + Cs' - Ts$$

$$Mn = Cc X_{Cc} + Cs' X_{Cs'} - Pn X_{Pn}$$

dimana :

$$\square X_{Cc} = d - \frac{a}{2}$$

$$X_{Cs'} = d - d'$$

$$X_{Pn} = d - \left(\frac{h}{2}\right)$$

Syarat kekuatan lentur:

$$Mu \leq \Phi Mn$$

$$Pu \leq \Phi Pn$$

$$\text{Rasio } \textit{aproksimatif} \text{ Kuat lentur + Normal} = \frac{Pu}{\Phi Pn} + \frac{Mu}{\Phi Mn} \leq 1$$

Kuat geser kolom

$$Vu \leq \Phi Vn$$

▪ dimana :

$$Vn = \Phi (Vc + Vs)$$

$$\square Vc = \left(1 + \frac{Nu}{14Ag}\right) \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right) b_w \cdot d$$

- Jika $\Phi V_c > V_u$, maka V_s tidak perlu diperhitungkan

$$\text{Rasio Kuat geser} = \frac{V_u}{\Phi V_n} \leq 1$$

Daya layan kolom

Lendutan izin untuk kolom tidak boleh melebihi $\frac{0,03}{R}$ kali tinggi tingkat yang

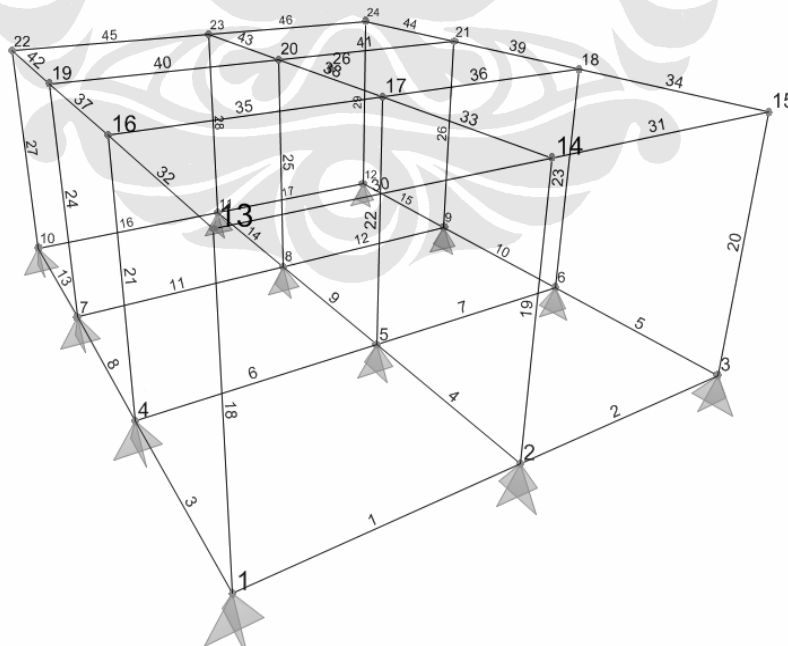
bersangkutan atau diambil 30 mm, bergantung mana yang nilainya lebih kecil.

- $\delta \leq \bar{\delta}$

$$\text{Rasio Lendutan} = \frac{\delta}{\bar{\delta}} \leq 1$$

Perbandingan struktur dilakukan pada tiap-tiap elemen struktur yang sama dengan kombinasi yang sama. Dari hasil perhitungan, didapat nilai perbandingan rasio kekuatan dan daya layan pada tiap-tiap elemen sebagai berikut

1. Rumah tinggal 1 lantai



Gambar 4.21 : Penomoran Elemen Struktur Rumah Tinggal 1 Lantai

Pada rumah tinggal 1 lantai, kombinasi beban yang digunakan pada kondisi ultimate adalah $(0,9DL + Ex - 0,3Ey)$, sedangkan kombinasi beban pada kondisi daya layan adalah (DL) saja. Dari hasil perhitungan didapat nilai rasio kekuatan struktur, rasio geser dan rasio lendutan pada tiap-tiap elemen:

Rumah tinggal dengan bekisting baja

	Elemen No.	Rasio Kuat lentur	Rasio kuat lentur dan normal	Rasio kuat geser arah X	Rasio kuat geser arah Y	Rasio lendutan lateral arah X	Rasio lendutan lateral arah Y	Rasio lendutan vertikal
Kolom Lt.1	23	-	0,210	0,108	0,016	0,002	0,004	-
	26	-	0,321	0,192	0,014	0,019	0,015	-
Ring Balok	36	0,290	-	0,303	-	-	-	0,023
	41	0,321	-	0,306	-	-	-	0,013
Sloof	7	0,338	-	0,365	-	-	-	0,007
	12	0,593	-	0,805	-	-	-	0,059

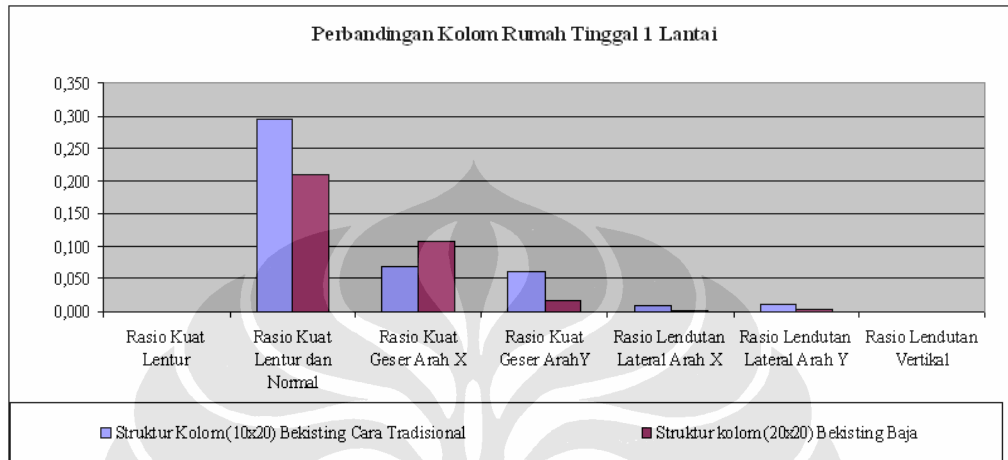
Tabel 4.31 : Rasio kekuatan dan daya layan tiap elemen rumah tinggal 1 lantai menggunakan bekisting baja

Rumah tinggal dengan bekisting cara tradisional

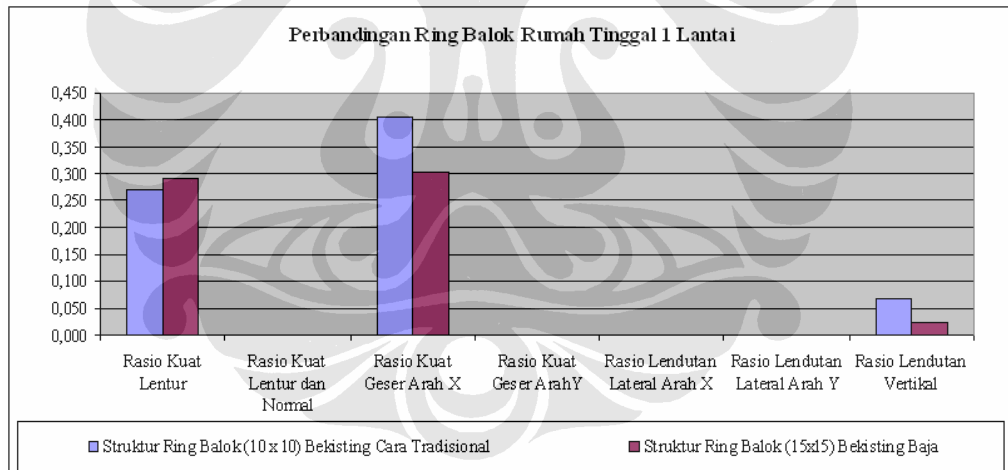
	Elemen No.	Rasio Kuat lentur	Rasio kuat lentur dan normal	Rasio kuat geser arah X	Rasio kuat geser arah Y	Rasio lendutan lateral arah X	Rasio lendutan lateral arah Y	Rasio lendutan vertikal
Kolom Lt.1	23	-	0,294	0,070	0,061	0,008	0,011	-
	26	-	0,350	0,129	0,061	0,027	0,025	-
Ring Balok	36	0,270	-	0,405	-	-	-	0,067
	41	0,295	-	0,409	-	-	-	0,036
Sloof	7	0,411	-	0,360	-	-	-	0,015
	12	0,651	-	0,771	-	-	-	0,052

Tabel 4.32 : Rasio kekuatan dan daya layan tiap elemen rumah tinggal 1 lantai menggunakan bekisting cara tradisional

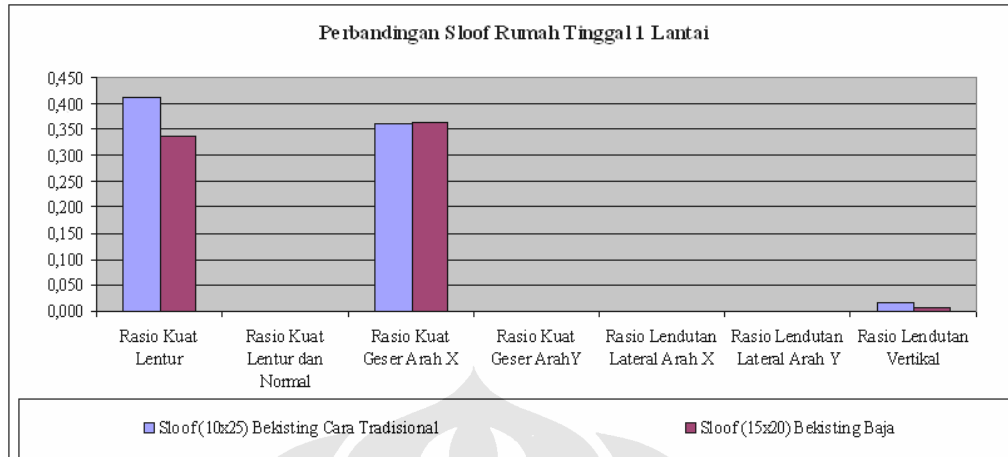
Sebagai contoh ilustrasi perbandingan rasio tiap-tiap elemen digunakan data tinjauan elemen sloof no 7, elemen ring balok no 36 dan elemen kolom no 23, seperti dibawah ini:



Gambar 4.22 : Perbandingan kolom (elemen.23) rumah tinggal 1 lantai

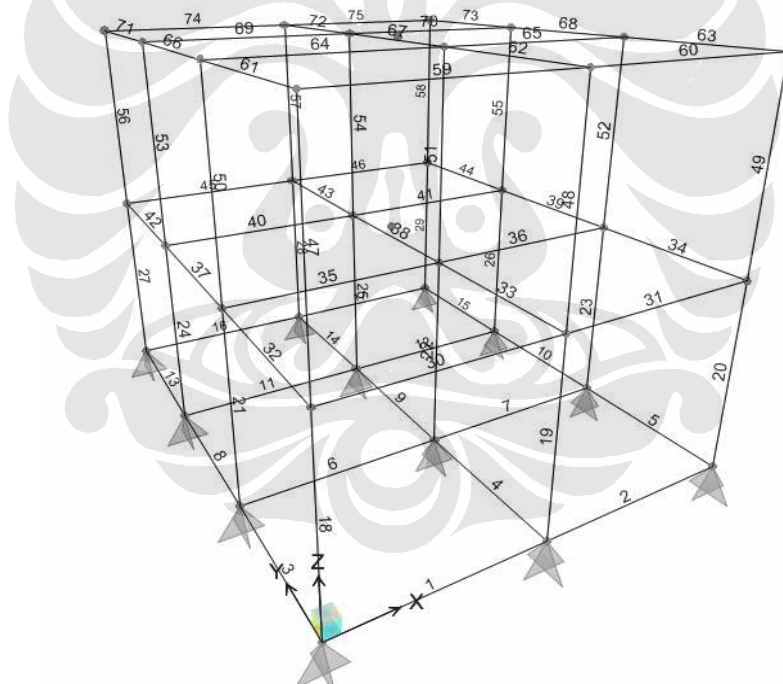


Gambar 4.23 : Perbandingan ring balok (elemen.36) rumah tinggal 1 lantai



Gambar 4.24 : Perbandingan sloof (elemen.7) rumah tinggal 1 lantai

2. Rumah tinggal 2 lantai



Gambar 4.25 : Penomoran Elemen Struktur Rumah Tinggal 2 Lantai

Kombinasi beban yang digunakan pada kondisi ultimate adalah $(1,2DL + 0,5LL + Ex - 0,3Ey)$, sedangkan kombinasi beban pada kondisi daya layan

adalah (DL+0,3LL). Dari hasil perhitungan didapat nilai rasio kekuatan struktur, rasio geser dan rasio lendutan pada tiap-tiap elemen:

Rumah tinggal dengan bekisting baja

	Elemen No.	Rasio Kuat lentur	Rasio kuat lentur dan normal	Rasio kuat geser arah X	Rasio kuat geser arah Y	Rasio lendutan lateral arah X	Rasio lendutan lateral arah Y	Rasio lendutan vertikal
Kolom lt.1	23	-	0,359	0,100	0,021	0,012	0,001	-
	26	-	0,422	0,152	0,013	0,002	0,001	-
Kolom lt.2	52	-	0,191	0,098	0,001	0,011	0,001	-
	55	-	0,279	0,152	0,003	0,013	0,009	-
Ring Balok	65	0,382	-	0,295	-	-	-	0,018
	70	0,400	-	0,297	-	-	-	0,014
Balok	36	0,235	-	0,525	-	-	-	0,058
	41	0,435	-	0,968	-	-	-	0,079
Sloof	7	0,040	-	0,100	-	-	-	0,006
	12	0,049	-	0,098	-	-	-	0,055

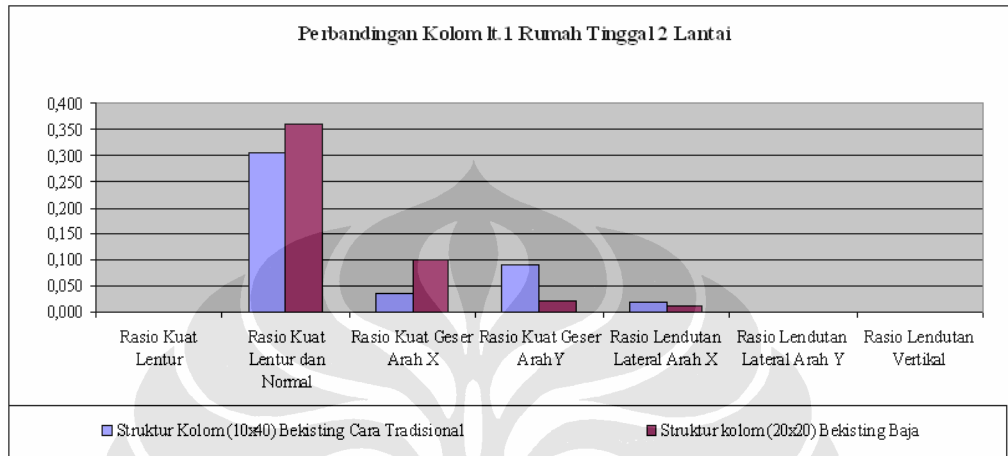
Tabel 4.33 : Rasio kekuatan dan daya layan tiap elemen rumah tinggal 2 lantai menggunakan bekisting baja

Rumah tinggal dengan bekisting cara tradisional

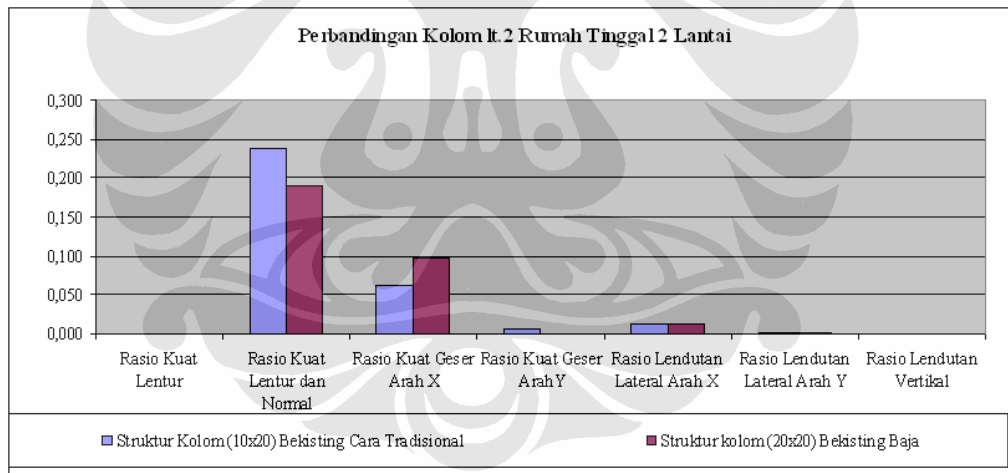
	Elemen No.	Rasio Kuat lentur	Rasio kuat lentur dan normal	Rasio kuat geser arah X	Rasio kuat geser arah Y	Rasio lendutan lateral arah X	Rasio lendutan lateral arah Y	Rasio lendutan vertikal
Kolom lt.1	23	-	0,305	0,036	0,090	0,017	0,000	-
	26	-	0,373	0,060	0,084	0,002	0,001	-
Kolom lt.2	52	-	0,238	0,062	0,007	0,012	0,002	-
	55	-	0,316	0,087	0,008	0,006	0,013	-
Ring Balok	65	0,279	-	0,422	-	-	-	0,058
	70	0,278	-	0,417	-	-	-	0,042
Balok	36	0,054	-	0,192	-	-	-	0,036
	41	0,124	-	0,394	-	-	-	0,036
Sloof	7	0,017	-	0,034	-	-	-	0,003
	12	0,025	-	0,035	-	-	-	0,037

Tabel 4.34 : Rasio kekuatan dan daya layan tiap elemen rumah tinggal 2 lantai menggunakan bekisting cara tradisional

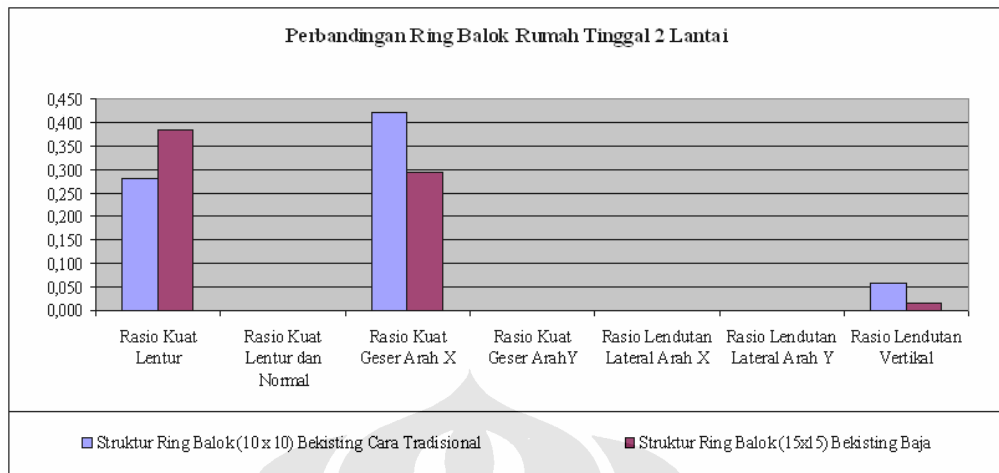
Sebagai contoh ilustrasi perbandingan rasio tiap-tiap elemen digunakan data tinjauan elemen sloof no 7, elemen balok no 36, elemen ring balok no 65, elemen kolom lt.1 no 23 dan elemen kolom lt.2 no 52 , seperti dibawah ini:



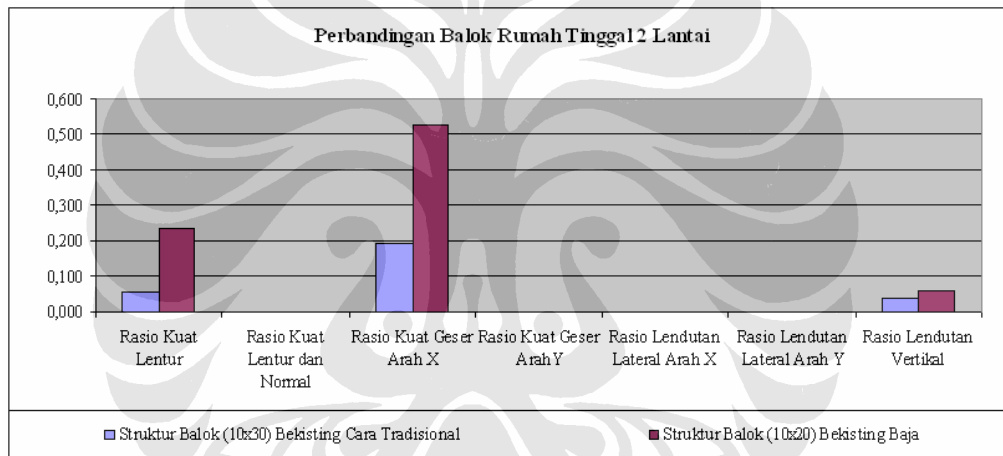
Gambar 4.26 : Perbandingan kolom lt.1 (elemen.23) rumah tinggal 2 lantai



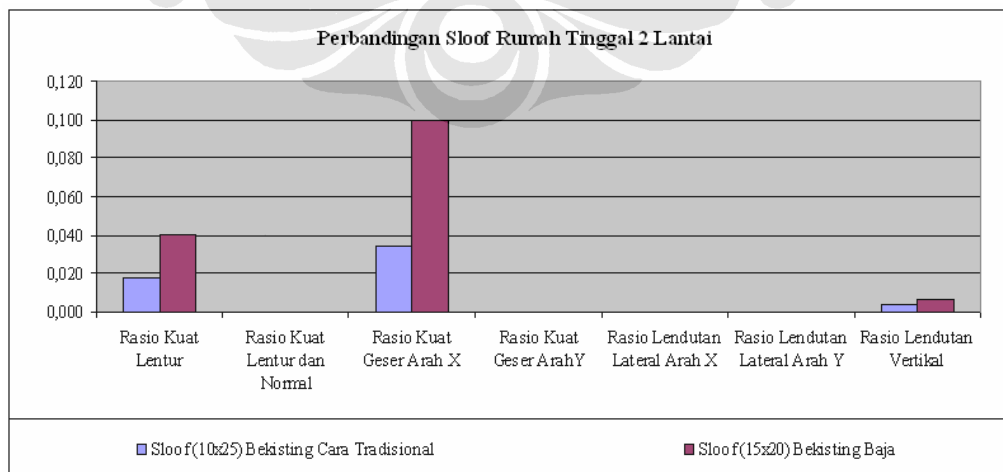
Gambar 4.27 : Perbandingan kolom lt.2 (elemen.52) rumah tinggal 2 lantai



Gambar 4.28 : Perbandingan ring balok (elemen.65) rumah tinggal 2 lantai



Gambar 4.29 : Perbandingan balok (elemen.36) rumah tinggal 2 lantai



Gambar 4.30 : Perbandingan sloof (elemen.7) rumah tinggal 2 lantai

IV.1 ANALISA BIAYA

IV.1.1 Statika Bekisting

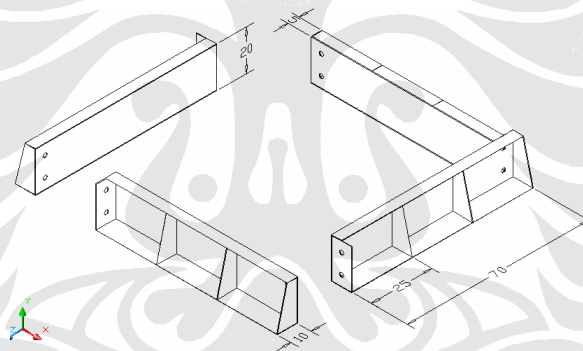
Perhitungan statika bekisting dilakukan untuk mendapatkan jenis material dan dimensi bekisting yang aman ditinjau dari segi kuat lentur, kuat geser dan lendutan.

Dari perhitungan statika kekuatan bahan dan perhitungan kebutuhan bahan, maka didapatkan komposisi material serta volume kebutuhan bahan pada bekisting dapat ditentukan seperti uraian dibawah ini :

1. Bekisting Baja

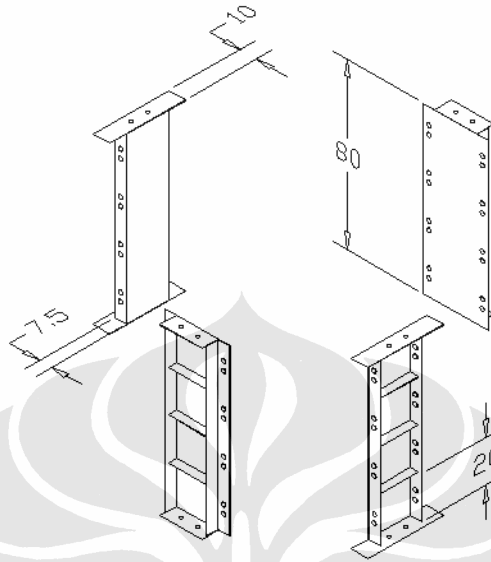
Gambar bekisting baja

Footing Pondasi



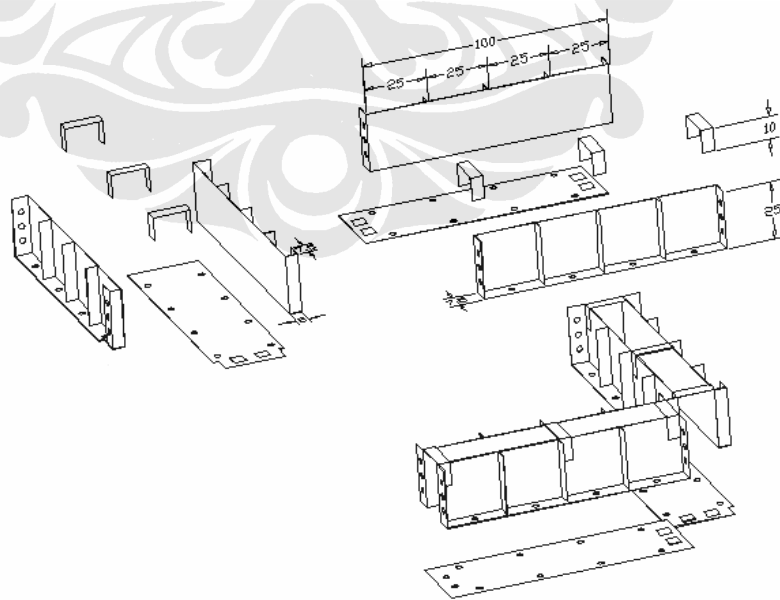
Gambar 4.31 : Bekisting baja elemen footing pondasi

Pedestal Pondasi



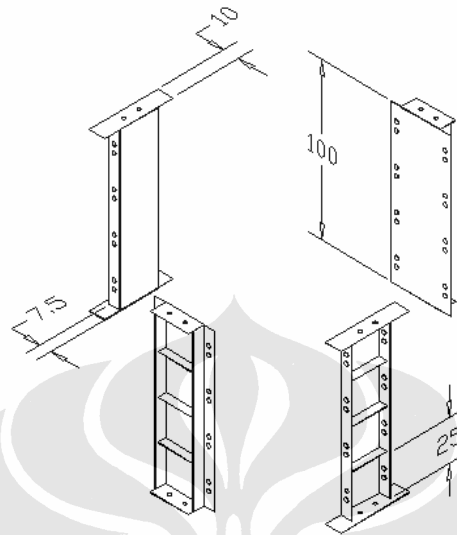
Gambar 4.32 : Bekisting baja elemen pedestal pondasi

Balok



Gambar 4.33 : Bekisting baja elemen balok

Kolom



Gambar 4.34 : Bekisting baja elemen kolom

Kebutuhan material untuk bekisting baja 1 lantai:

Rekap kebutuhan Material

Uraian	Plat Baja	Satuan	Mur Baut	Satuan
Pondasi Setempat				
<u>Pedestal</u>	286,368	kg	8	bh
<u>Footing</u>	497,376	kg	40	bh
Sloof 3 m	1202,781	kg	603,4	bh
Kolom lt.1	1797,336	kg	480	bh
Ring balok = 3 m	952,413	kg	603,4	bh
TOTAL	4736,274	kg	1734,800	bh

Uraian	Jml Kaso 5/7	Panjang Kaso	Panjang Total	Volume Kaso
Perancah Ring Balk	144	3,25	468	1,638
	72	0,45	32,4	0,1134
TOTAL	Kaso 5/7 =	500,4		1,7514

Uraian	Jml Balok 8/12	Panjang Balok	Panjang Total	Volume balok
Perancah Ring balok	2	43,1	86,2	0,82752
TOTAL	Balok 8/12 =	86,2		0,82752

Tabel 4.35 : Kebutuhan material untuk bekisting baja 1 lantai

Kebutuhan material untuk bekisting baja 2 lantai:

Rekap kebutuhan Material

Uraian	Plat Baja	Satuan	Mur Baut	Satuan
Pondasi Setempat				
<u>Pedestal</u>	286,368	kg	8	bh
<u>Footing</u>	497,376	kg	40	bh
Sloof 3 m	1202,781	kg	603,4	bh
Kolom lt.1	1797,336	kg	480	bh
Balok = 3 m	1202,781	kg	603,4	bh
Kolom lt.2	1797,336	kg	480	bh
Ring balok = 3 m	952,413	kg	603,4	bh
TOTAL	7736,391	kg	2818,20	bh

Uraian	Jml Kaso 5/7	Panjang Kaso	Panjang Total	Volume Kaso
Perancah Balok	144	3,25	468	1,638
	72	0,45	32,4	0,1134
Perancah Ring Balk	144	3,25	468	1,638
	72	0,45	32,4	0,1134
TOTAL	Kaso 5/7 =		500,4	3,5028

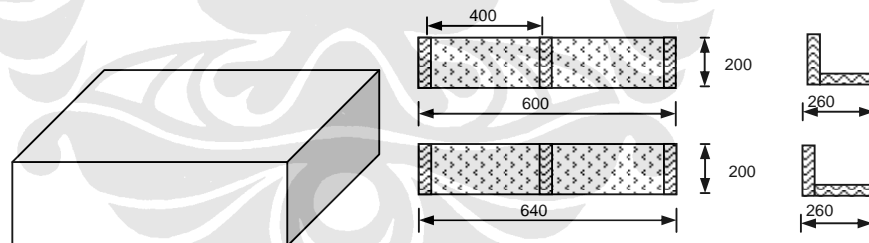
Uraian	Jml Balok 8/12	Panjang Balok	Panjang Total	Volume balok
Perancah Balok	2	43,1	86,2	0,82752
TOTAL	Balok 8/12 =	86,2		0,82752

Tabel 4.36 : Kebutuhan material untuk bekisting baja 2 lantai

2. Bekisting Kayu

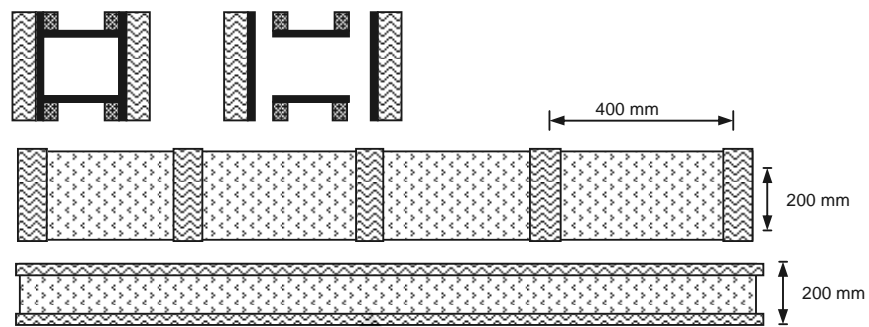
Gambar bekisting kayu

Footing Pondasi



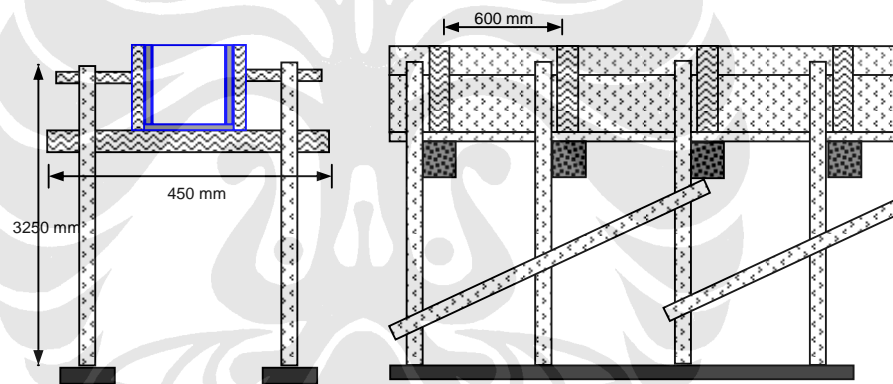
Gambar 4.35 : Bekisting kayu elemen footing pondasi

Bekisting kolom/ pedestal



Gambar 4.36 : Bekisting kayu elemen pedestal pondasi / kolom

Bekisting Balok



Gambar 4.37 : Bekisting kayu elemen balok

Kebutuhan material untuk bekisting kayu 1 lantai :

No.	Uraian	Luas Pembetonan	Volume	Satuan
1	Pondasi Setempat	1,12		
	Papan Randu 2/20		9,72	lbr
	Kaso 4/6		0,146304	m3
	Paku		0,336	kg
	Minyak Bekisting		0,224	ltr
2	Sloof	17,24		
	Papan Randu 2/20		16,1625	lbr
	Kaso 4/6		0,0876	m3
	Paku		5,172	kg
	Minyak Bekisting		3,448	ltr

3	Kolom lt.1	2,4		
	Papan Randu 2/20		22,5	lbr
	Kaso 4/6		0,22464	m3
	Paku		0,72	kg
	Minyak Bekisting		0,48	ltr
6	Ring balok	19,395		
	Papan Randu 2/20		17,24	lbr
	Kaso 4/6		0,029784	m3
	Paku		5,8185	kg
	Minyak Bekisting		3,879	ltr
	TOTAL			

No.	Uraian	Volume	Volume / n	Satuan
	Ring Balok 3 m			
	Kaso 5/7	1,66075	0,33215	m3
	Balok 8/12	0,45552	0,045552	m3
	TOTAL			

Tabel 4.37 : Kebutuhan material untuk bekisting kayu 1 lantai

Kebutuhan material untuk bekisting kayu 2 lantai :

No.	Uraian	Luas Pembe tonan	Volume	Satuan
1	Pondasi Setempat	1,12		
	Papan Randu 2/20		9,72	lbr
	Kaso 4/6		0,146304	m3
	Paku		0,336	kg
	Minyak Bekisting		0,224	ltr
2	Sloof	17,24		
	Papan Randu 2/20		16,1625	lbr
	Kaso 4/6		0,0876	m3
	Paku		5,172	kg
	Minyak Bekisting		3,448	ltr
3	Kolom lt.1	2,4		
	Papan Randu 2/20		22,5	lbr
	Kaso 4/6		0,22464	m3
	Paku		0,72	kg
	Minyak Bekisting		0,48	ltr
4	Balok	28,015		
	Papan Randu 2/20		24,24375	lbr
	Kaso 4/6		0,047304	m3
	Paku		8,4045	kg

	Minyak Bekisting		5,603	ltr
5	Kolom lt.2	2,4		
	Papan Randu 2/20		22,5	lbr
	Kaso 4/6		0,22464	m3
	Paku		0,72	kg
	Minyak Bekisting		0,48	ltr
6	Ring balok	19,395		
	Papan Randu 2/20		17,24	lbr
	Kaso 4/6		0,029784	m3
	Paku		5,8185	kg
	Minyak Bekisting		3,879	ltr
	TOTAL			

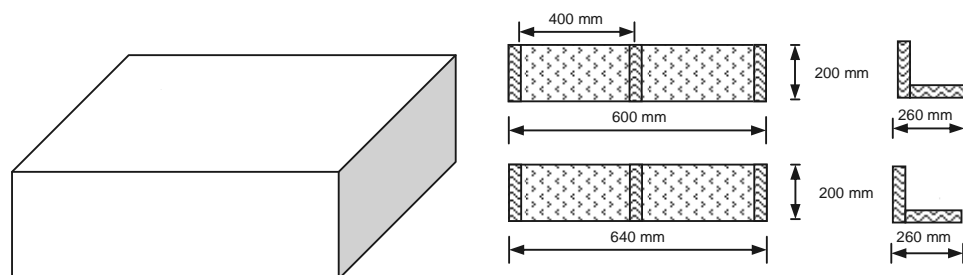
No.	Uraian	Volume	Volume / n	Satuan
	Balok 3 m			
	Kaso 5/7	1,826825	0,365365	m3
	Balok 8/12	0,82752	0,082752	m3
	Ring Balok 3 m			
	Kaso 5/7	1,826825	0,365365	m3
	Balok 8/12	0	0	m3
	TOTAL			

Tabel 4.38 : Kebutuhan material untuk bekisting kayu 2 lantai

3. Bekisting Cara Tradisional

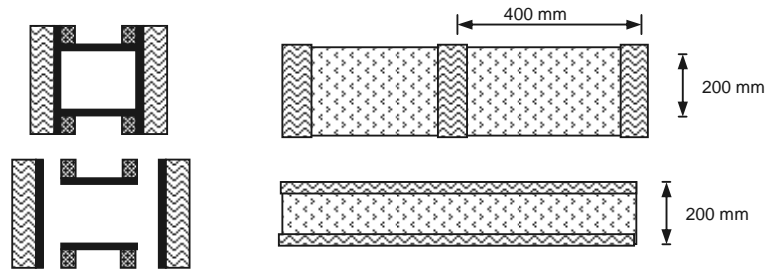
Gambar bekisting cara tradisional

Footing Pondasi



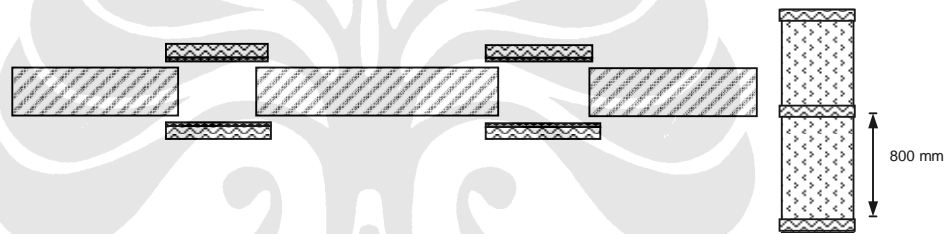
Gambar 4.38 : Bekisting cara tradisional elemen footing pondasi

Bekisting pedestal



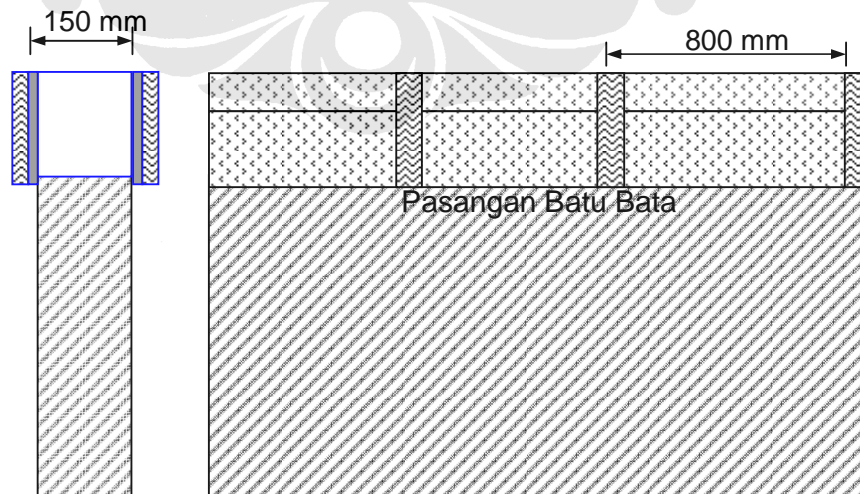
Gambar 4.39 : Bekisting cara tradisional elemen pedestal pondasi

Bekisting kolom



Gambar 4.40 : Bekisting cara tradisional elemen kolom

Bekisting balok



Gambar 4.41 : Bekisting cara tradisional elemen balok

Kebutuhan material untuk bekisting cara tradisional 1 lantai :

No.	Uraian	Luas Pembetonan	Volume	Satuan
1	Pondasi Setempat	1,12		
	Papan Randu 2/20		9,72	lbr
	Kaso 4/6		0,146304	m3
	Paku		0,336	kg
	Minyak Bekisting		0,224	ltr
2	Sloof	21,55		
	Papan Randu 2/20		10,775	lbr
	Kaso 4/6		0,0264	m3
	Paku		6,465	kg
	Minyak Bekisting		4,31	ltr
3	Kolom lt.1	1,8		
	Papan Randu 2/20		17,55	lbr
	Kaso 4/6		0,07776	m3
	Paku		0,54	kg
	Minyak Bekisting		0,36	ltr
6	Ring balok	12,93		
	Papan Randu 2/20		6,465	lbr
	Kaso 4/6		0,01296	m3
	Paku		3,879	kg
	Minyak Bekisting		2,586	ltr

Tabel 4.39 : Kebutuhan material untuk bekisting cara tradisional 1 lantai

Kebutuhan material untuk bekisting cara tradisional 1 lantai :

No.	Uraian	Luas Pembetonan	Volume	Satuan
1	Pondasi Setempat	1,12		
	Papan Randu 2/20		9,72	lbr
	Kaso 4/6		0,146304	m3
	Paku		0,336	kg
	Minyak Bekisting		0,224	ltr
2	Sloof	21,55		
	Papan Randu 2/20		10,775	lbr
	Kaso 4/6		0,0264	m3
	Paku		6,465	kg
	Minyak Bekisting		4,31	ltr
3	Kolom lt.1	2,4		
	Papan Randu 2/20		17,55	lbr
	Kaso 4/6		0,07776	m3
	Paku		0,72	kg
	Minyak Bekisting		0,48	ltr

4	Balok	25,86		
	Papan Randu 2/20		18,85625	lbr
	Kaso 4/6		0,04224	m3
	Paku		7,758	kg
	Minyak Bekisting		5,172	ltr
5	Kolom lt.2	1,2		
	Papan Randu 2/20		10,8	lbr
	Kaso 4/6		0,07776	m3
	Paku		0,36	kg
	Minyak Bekisting		0,24	ltr
6	Ring balok	8,62		
	Papan Randu 2/20		6,465	lbr
	Kaso 4/6		0,01296	m3
	Paku		2,586	kg
	Minyak Bekisting		1,724	ltr

Tabel 4.40 : Kebutuhan material untuk bekisting cara tradisional 2 lantai

IV.1.2 Perbandingan Biaya

Analisa biaya ditinjau dari 2 sistem dan 2 material, yaitu bekisting sistem traditional dan bekisting semi system. Bekisting semi sistem dibedakan menjadi dua yaitu bekisting semi sistem dengan material kayu dan dengan material baja. Untuk metode cara tradisional dimana banyak menggunakan material yang habis pakai (*consumable materials*) maka diasumsikan pemakaian untuk 2 x pakai. Untuk rumah tinggal dengan bekisting kayu yang memiliki elemen-elemen yang lebih kuat dan lebih kaku, maka diasumsikan pemakaian untuk 5 x pakai.

Rencana komposisi material serta volume kebutuhan didapatkan dari perhitungan statika kekuatan bahan dan perhitungan kebutuhan bahan.

Upah tukang untuk rumah tinggal dengan bekisting cara tradisional yaitu

URAIAN	KOEFISIEN	SATUAN	HARGA SATUAN
Pekerja	0,3300	hari	40000
Mandor	0,0330	hari	55000
Tukang Kayu	0,3200	hari	50000
Kepala Tukang Kayu	0,0060	hari	55000

Tabel 4.41 : Daftar harga upah pekerjaan bekisting cara tradisional

Upah tukang untuk rumah tinggal dengan bekisting kayu sama dengan upah untuk material cara tradisional, hanya volume saja yang membedakan.

Upah tukang untuk rumah tinggal dengan bekisting baja yaitu

URAIAN	KOEFISIEN	SATUAN	HARGA SATUAN
Pekerja	1,2000	hari	40000
Tukang Kayu	1,2000	hari	50000
Kepala Tukang Kayu	0,1200	hari	55000

Tabel 4.42 : Daftar harga upah pekerjaan bekisting baja

No	Uraian material	satuan	Harga satuan (Rp)
1.	Papan Randu kayu kelas III		
	a. Papan 2/20	m3	174.000
2.	Kayu meranti kelas III		
	a. Kaso 4/6	m3	2.100.000
	b. Kaso 5/7	m3	2.100.000
	c. Balok 8/12	m3	2.100.000
3.	Plat Baja BJ 37		
	a. Tebal 3 mm	kg	9.000
	b. Tebal 2 mm	kg	9.000
4.	Mur/ Baut		
5.	Paku	kg	8.000
5.	Minyak bekisting	m2	2. 500

Tabel 4.43 : Daftar harga satuan material bekisting

Dari hasil jumlah kebutuhan material dan harga satuan material diperoleh biaya material bekisting. Perbandingan biaya dilakukan dengan asumsi 1 set bekisting sama dengan kebutuhan untuk 1 rumah tinggal dan 1 kali pakai.

1. Perbandingan biaya pada rumah 1 lantai

Biaya material bekisting untuk 1 x pakai dan 1 rumah tinggal	
Bekisting Baja	Rp 57.204.876,48
Bekisting Kayu	Rp 5.064.915,00
Bekisting cara tradisional	Rp 2.779.430,40

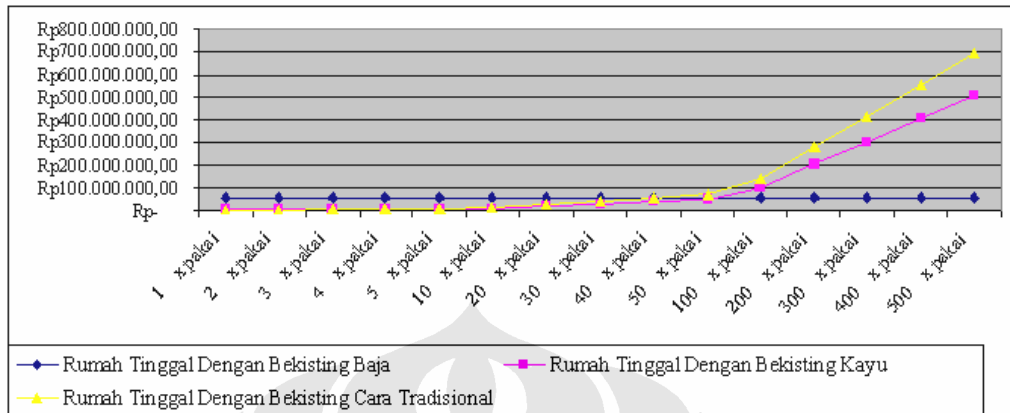
Tabel 4.44 : Biaya material 1 set bekisting rumah tinggal 1 lantai

Harga pekerjaan beisting tanpa upah dengan variabel n x pakai

	Bekisting Baja	Bekisting Kayu	Bekisting cara tradisional
	Pemakaian berulang-ulang	Pemakaian max 5 x pakai	Pemakaian maximum 2 x pakai
	n	5	2
1 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 5.064.915,00	Rp 2.779.430,40
2 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 5.064.915,00	Rp 2.779.430,40
3 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 5.064.915,00	Rp 4.169.145,60
4 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 5.064.915,00	Rp 5.558.860,80
5 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 5.064.915,00	Rp 6.948.576,00
10 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 10.129.830,00	Rp 13.897.152,00
20 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 20.259.660,00	Rp 27.794.304,00
30 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 30.389.490,00	Rp 41.691.456,00
40 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 40.519.320,00	Rp 55.588.608,00
50 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 50.649.150,00	Rp 69.485.760,00
100 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 101.298.300,00	Rp 138.971.520,00
200 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 202.596.600,00	Rp 277.943.040,00
300 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 303.894.900,00	Rp 416.914.560,00
400 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 405.193.200,00	Rp 555.886.080,00
500 x pakai	Rp 57.204.876,48	Rp 506.491.500,00	Rp 694.857.600,00

Tabel 4.45 : Harga pekerjaan beisting tanpa upah dengan variabel n x pakai

Grafik perbandingan biaya bekisting tanpa upah



Gambar 4.42 : Perbandingan biaya bekisting tanpa upah

Jika dibandingkan dengan harga material kayu dan material bekisting cara tradisional, harga bekisting baja jauh lebih tinggi. Tetapi pada pemakaian berulang material bekisting baja akan menjadi lebih ekonomis. Dari hasil analisa, harga pemakaian bekisting baja akan menyerupai harga material bekisting cara tradisional pada pemakaian 50 kali pakai. Selain itu bekisting baja yang sudah tidak dapat dipakai lagi atau rusak, masih mempunyai nilai sisa material baja.

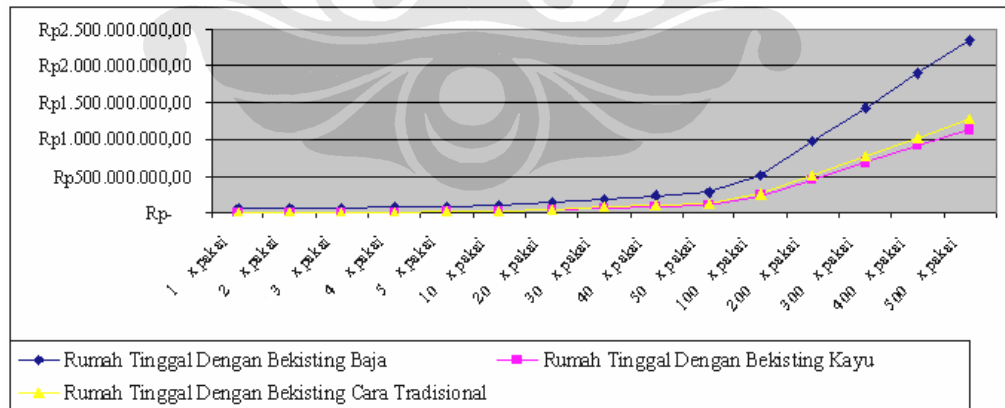
Pemakaian bekisting baja mungkin akan menjadi lebih ekonomis untuk membangun 1 rumah, jika pembuatan material kurang dari 1/10 dari 1 set bekisting. Tetapi tentu saja hal ini tidak dapat menjadi acuan, karena masih belum mempertimbangkan waktu pelaksanaan dan upah pekerja.

Tabel harga pekerjaan beisting dengan upah dengan variabel n x pakai

	Dengan Bekisting Baja	Dengan Bekisting Kayu	Dengan Bekisting cara tradisional
	Pemakaian berulang-ulang	Pemakaian max 5 x pakai	Pemakaian maximum 2 x pakai
	n	5	2
1 x pakai	Rp 63.762.304,98	Rp 6.323.573,48	Rp 3.951.733,40
2 x pakai	Rp 68.364.067,98	Rp 7.582.231,95	Rp 5.124.036,40
3 x pakai	Rp 72.965.830,98	Rp 8.840.890,43	Rp 7.686.054,60
4 x pakai	Rp 77.567.593,98	Rp 10.099.548,90	Rp 10.248.072,80
5 x pakai	Rp 82.169.356,98	Rp 11.358.207,38	Rp 12.810.091,00
10 x pakai	Rp 105.178.171,98	Rp 22.716.414,75	Rp 25.620.182,00
20 x pakai	Rp 151.195.801,98	Rp 45.432.829,50	Rp 51.240.364,00
30 x pakai	Rp 97.213.431,98	Rp 68.149.244,25	Rp 76.860.546,00
40 x pakai	Rp 243.231.061,98	Rp 90.865.659,00	Rp 102.480.728,00
50 x pakai	Rp 289.248.691,98	Rp 113.582.073,75	Rp 128.100.910,00
100 x pakai	Rp 519.336.841,98	Rp 227.164.147,50	Rp 256.201.820,00
200 x pakai	Rp 979.513.141,98	Rp 454.328.295,00	Rp 512.403.640,00
300 x pakai	Rp 1.439.689.441,98	Rp 681.492.442,50	Rp 768.605.460,00
400 x pakai	Rp 1.899.865.741,98	Rp 908.656.590,00	Rp 1.024.807.280,00
500 x pakai	Rp 2.360.042.041,98	Rp 1.135.820.737,50	Rp 1.281.009.100,00

Tabel 4.46 : Harga pekerjaan beisting dengan upah dengan variabel n x pakai

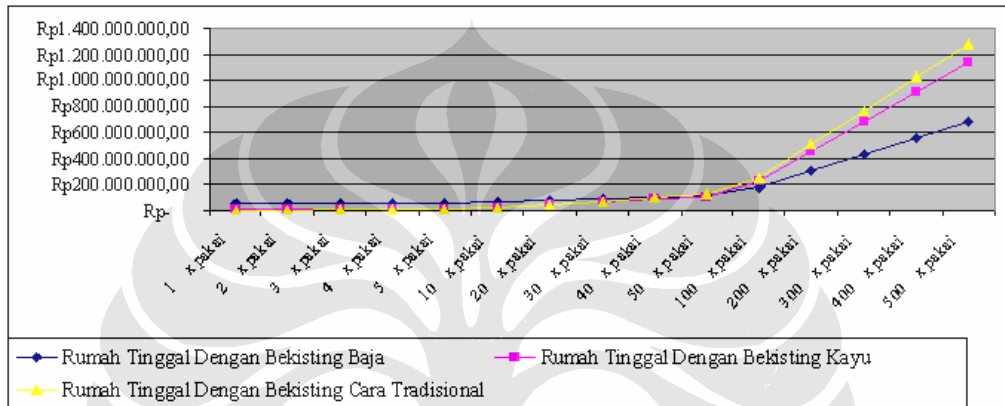
Grafik perbandingan harga dengan upah baja disamakan dengan upah pekerjaan besi dan almunium



Gambar 4.43 : Perbandingan biaya bekisting dengan upah sesuai pekerjaan besi dan almunium

Pekerjaan besi yang diambil sebagai acuan upah adalah pekerjaan pemasangan jendela besi, dimana pekerjaan yang dilakukan sama, yaitu penyetulan profil dan tanpa pengelasan. Nilai koefisien ini diambil per m².

Grafik perbandingan harga dengan upah baja disamakan dengan upah pekerjaan bekisting kayu



Gambar 4.44 : Perbandingan biaya bekisting dengan upah sesuai pekerjaan bekisting kayu

Setelah perhitungan analisa diperoleh nilai pemakaian bekisting baja menjadi lebih mahal. Jika nilai upah di turunkan menjadi sama dengan nilai upah bekisting kayu, maka pemakaian bekisting baja akan lebih ekonomis pada 50 – 100 kali pakai.

Berati untuk pemakaian berulang perlu perhitungan biaya upah yang lebih akurat, untuk kemudian dapat dihitung nilai sewa yang tepat.

2. Perbandingan biaya pada rumah 2 lantai

Biaya material bekisting untuk 1 x pakai dan 1 rumah tinggal	
Dengan Bekisting Baja	Rp 97.736.777,39
Dengan Bekisting Kayu	Rp 8.867.831,40
Dengan Bekisting cara tradisional	Rp 4.510.970,40

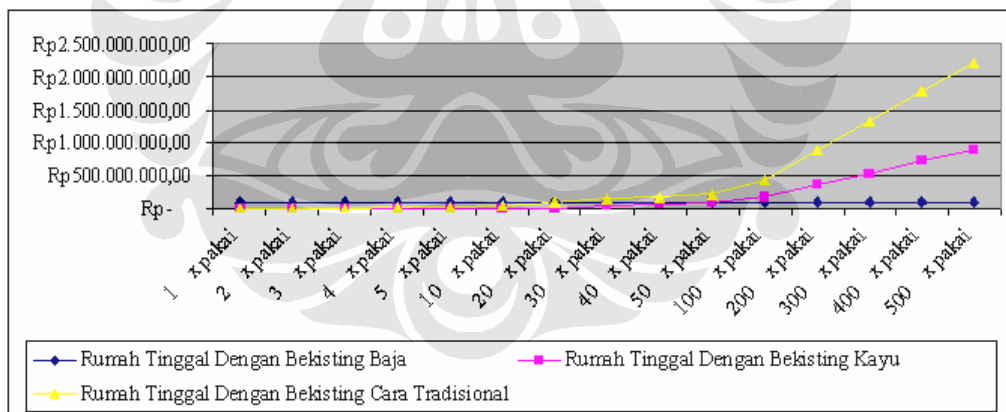
Tabel 4.47 : Biaya material 1 set bekisting rumah tinggal 2 lantai

Harga pekerjaan beisting tanpa upah dengan variabel n x pakai

	Bekisting Baja		Bekisting Kayu		Bekisting cara tradisional	
	Pemakaian berulang-ulang		Pemakaian max 5 x pakai		Pemakaian maximum 2 x pakai	
	n		5		2	
1 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	8.867.831,40	Rp	4.510.970,40
2 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	8.867.831,40	Rp	4.510.970,40
3 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	8.867.831,40	Rp	6.766.455,60
4 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	8.867.831,40	Rp	9.021.940,80
5 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	8.867.831,40	Rp	11.277.426,00
10 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	17.735.662,80	Rp	22.554.852,00
20 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	35.471.325,60	Rp	45.109.704,00
30 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	53.206.988,40	Rp	67.664.556,00
40 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	70.942.651,20	Rp	90.219.408,00
50 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	88.678.314,00	Rp	112.774.260,00
100 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	177.356.628,00	Rp	225.548.520,00
200 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	354.713.256,00	Rp	451.097.040,00
300 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	532.069.884,00	Rp	676.645.560,00
400 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	709.426.512,00	Rp	902.194.080,00
500 x pakai	Rp	97.736.777,39	Rp	886.783.140,00	Rp	1.127.742.600,00

Tabel 4.48 : Harga pekerjaan beisting tanpa upah dengan variabel n x pakai

Grafik perbandingan biaya bekisting tanpa upah



Gambar 4.45 : Perbandingan biaya bekisting tanpa upah

Jika dibandingkan dengan harga meterial kayu dan material bekisting cara tradisional, harga bekisting baja jauh lebih tinggi. Tetapi pada pemakaian berulang material bekisting baja akan menjadi lebih ekonomis. Dari hasil analisa, harga pemakaian bekisting baja akan menyerupai harga matrial bekisting cara tradisional

pada pemakaian 50 kali pakai. Selain itu bekisting baja yang sudah tidak dapat dipakai lagi atau rusak, masih mempunyai nilai sisa material baja.

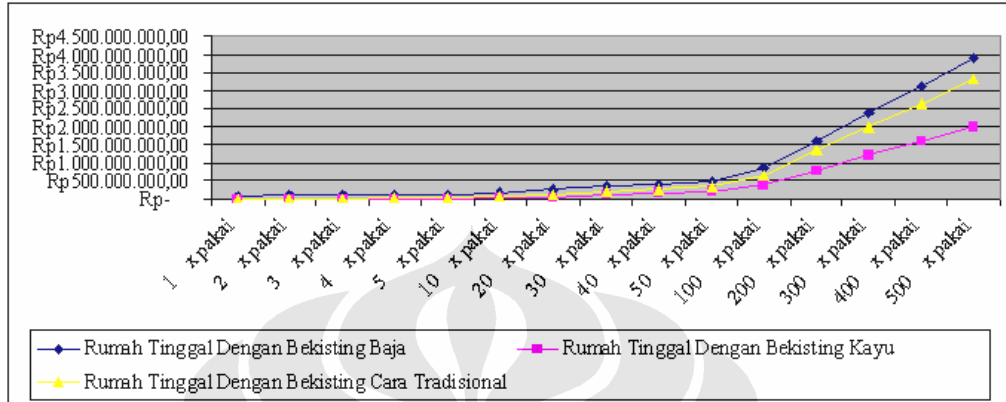
Pemakaian bekisting baja mungkin akan menjadi lebih ekonomis untuk membangun 1 rumah, jika pembuatan material kurang dari 1/10 dari 1 set bekisting. Tetapi tentu saja hal ini tidak dapat menjadi acuan, karena masih belum mempertimbangkan waktu pelaksanaan dan upah pekerja.

Tabel harga pekerjaan beisting dengan upah dengan variabel n x pakai

	Dengan Bekisting Baja	Dengan Bekisting Kayu	Dengan Bekisting cara tradisional
	Pemakaian berulang-ulang	Pemakaian max 5 x pakai	Pemakaian maximum 2 x pakai
	n	5	2
1 x pakai	Rp 105.330.173,39	Rp 11.079.848,05	Rp 11.079.848,05
2 x pakai	Rp 112.923.569,39	Rp 13.291.864,70	Rp 13.291.864,70
3 x pakai	Rp 120.516.965,39	Rp 15.503.881,35	Rp 15.503.881,35
4 x pakai	Rp 128.110.361,39	Rp 17.715.898,00	Rp 26.583.729,40
5 x pakai	Rp 135.703.757,39	Rp 19.927.914,65	Rp 33.229.661,75
10 x pakai	Rp 173.670.737,39	Rp 30.987.997,90	Rp 66.459.323,50
20 x pakai	Rp 249.604.697,39	Rp 53.108.164,40	Rp 132.918.647,00
30 x pakai	Rp 325.538.657,39	Rp 119.567.487,90	Rp 199.377.970,50
40 x pakai	Rp 401.472.617,39	Rp 159.423.317,20	Rp 265.837.294,00
50 x pakai	Rp 477.406.577,39	Rp 199.279.146,50	Rp 332.296.617,50
100 x pakai	Rp 857.076.377,39	Rp 398.558.293,00	Rp 664.593.235,00
200 x pakai	Rp 1.616.415.977,39	Rp 797.116.586,00	Rp 1.329.186.470,00
300 x pakai	Rp 2.375.755.577,39	Rp 1.195.674.879,00	Rp 1.993.779.705,00
400 x pakai	Rp 3.135.095.177,39	Rp 1.594.233.172,00	Rp 2.658.372.940,00
500 x pakai	Rp 3.894.434.777,39	Rp 1.992.791.465,00	Rp 3.322.966.175,00

Tabel 4.49 : Harga pekerjaan beisting dengan upah dengan variabel n x pakai

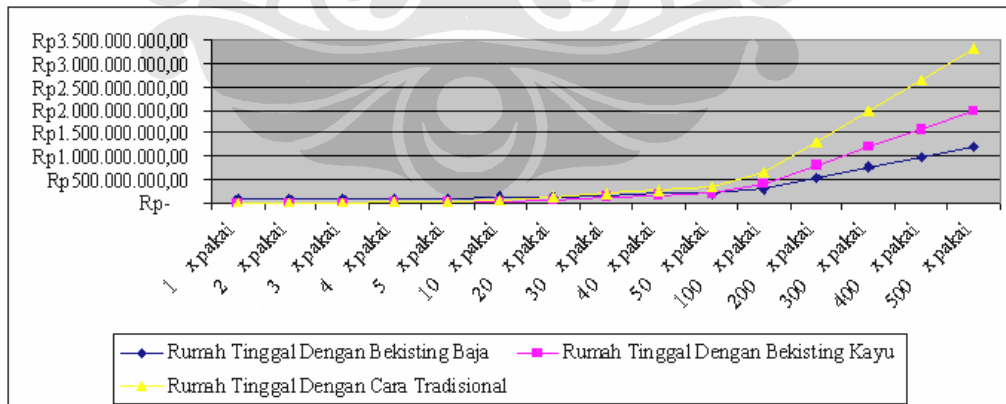
Grafik perbandingan harga dengan upah baja disamakan dengan upah pekerjaan besi dan aluminium



Gambar 4.46 : Perbandingan biaya bekisting dengan upah sesuai pekerjaan besi dan aluminium

Pekerjaan besi yang diambil sebagai acuan upah adalah pekerjaan pemasangan jendela besi, dimana pekerjaan yang dilakukan sama, yaitu penyetelan profil dan tanpa pengelasan. Nilai koefisien ini diambil per m².

Grafik perbandingan harga dengan upah baja disamakan dengan upah pekerjaan bekisting kayu



Gambar 4.47 : Perbandingan biaya bekisting dengan upah sesuai pekerjaan bekisting kayu

Setelah perhitungan analisa diperoleh nilai pemakaian bekisting baja menjadi lebih mahal. Jika nilai upah di turunkan menjadi sama dengan nilai upah bekisting kayu, maka pemakaian bekisting baja akan lebih ekonomis pada 50 – 100 kali pakai.

Berati untuk pemakaian berulang perlu perhitungan biaya upah yang lebih akurat, untuk kemudian dapat dihitung nilai sewa yang tepat.

