

BAB V

MODEL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Struktur

Program pada Tugas Akhir ini adalah khusus untuk perencanaan struktur gedung bertingkat sesuai dengan batasan pada Bab I. Analisis struktur pada program ini hanya beban terbagi merata, yang mana beban tersebut adalah beban rencana hasil perhitungan secara manual.

Sebagai model kajian direncanakan sebuah gedung sekolah berlantai 3 dengan jumlah bentang balok 4 (faktor keutamaan $I = 1,5$), di daerah dengan wilayah gempa 2 dan kondisi jenis tanah lunak. Portal terbuat dari struktur beton dengan $f'c = 30$ MPa dan $f_y = 300$ MPa. Struktur direncanakan memenuhi daktilitas-3 dengan faktor jenis struktur $K = 1$.

Denah dan bentuk portal dapat dilihat pada gambar 5.1 dan 5.2 yang mana ukuran semua balok diasumsikan 35 cm x 65 cm dan ukuran kolom diasumsikan 45 cm x 45 cm.

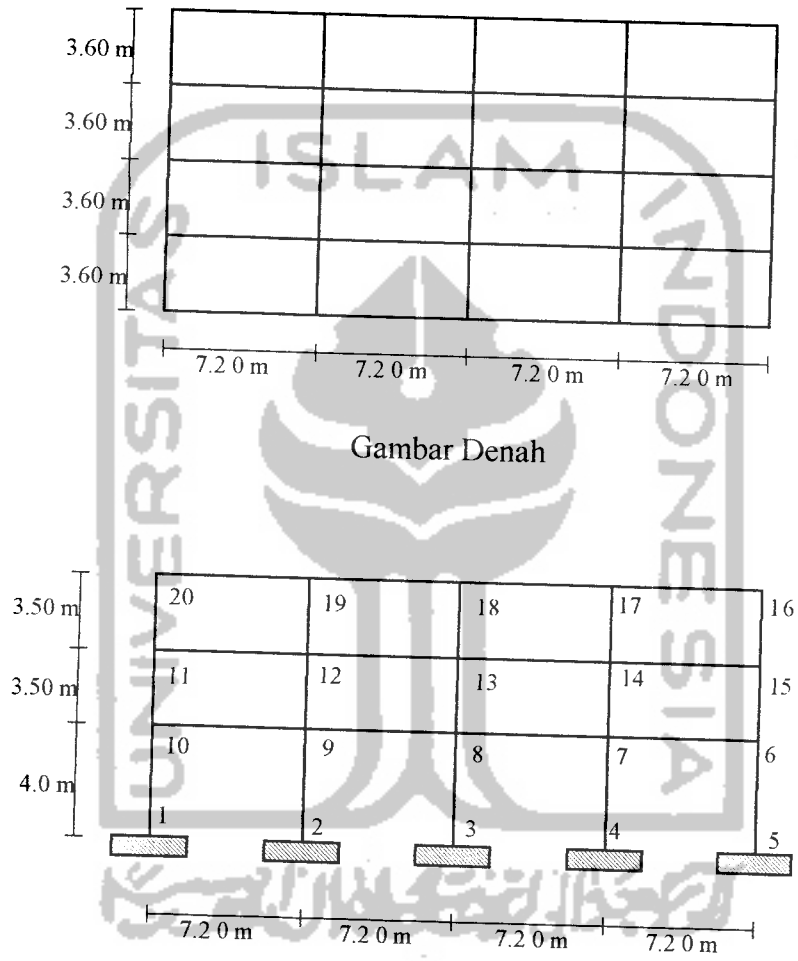
5.2. Perhitungan Beban

a. Atap ukuran (7,2 x 3,6) m²

1. Tebal plat minimum :

$$h_{\min} = 360 / 28 = 12,857 \text{ cm}$$

diambil $h = 13$ cm



Gambar 5.1. Denah Bangunan

2. Beban Mati

$$\text{- BS plat : } (0,13 \cdot 2400 \cdot 1,00 \cdot 1,00) = 312,00 \text{ kg/m}^2$$

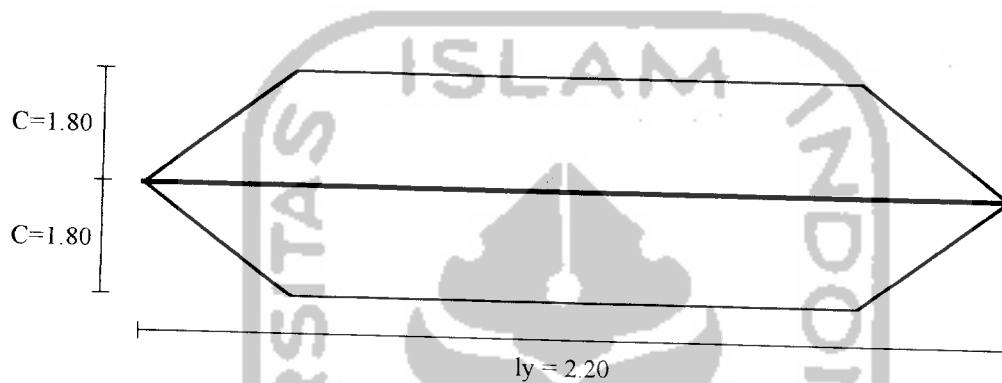
$$\text{- Plafond : } (18 \cdot 1,00 \cdot 1,00) = 18,00 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_d = 330,00 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban Hidup

$$Q_l = 150,00 \text{ kg/m}^2$$

4. Beban Ekuivalen pada balok portal atap (batang 24 dan batang 25)



Gambar 5.2. Beban ekuivalen

a. Beban Mati

$$\text{- Plat} = (1 - 4/3 \cdot C^2/l_y^2) \cdot 2 \cdot C \cdot Q_d$$

$$= (1 - 4/3 \cdot (1,80)^2/(2,20)^2) \cdot 2 \cdot 1,80 \cdot 330$$

$$= 0,91667 \cdot 2 \cdot 1,80 \cdot 330 = 1089,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Balok} = 0,35 \cdot 0,65 \cdot 2400 = 546,00 \text{ kg/m}$$

$$Q_d = 1635,00 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup

$$- Q_l = 0,9 \cdot 0,91667 \cdot 2 \cdot 1,80 \cdot 150 = 446,00 \text{ kg/m}$$

b. Lantai ukuran (7,2 x 3,6) m²

1. Tebal plat diambil 15 cm

2. Beban Mati

$$- \text{BS plat} : 0,15 \cdot 2400 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 360,00 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{Tegel (2cm)} : 0,02 \cdot 2400 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 48,00 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{Spesi (3cm)} : 0,03 \cdot 2100 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 63,00 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{Plafond} : 18 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 18,00 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_d = 489,00 \text{ kg/m}^2$$

3. Beban Hidup $Q_l = 250 \text{ kg/m}^2$

4. Beban Ekuivalen pada balok portal lantai

a. Beban Mati

$$- \text{Plat} = 0,91667 \cdot 2 \cdot 1,80 \cdot 489 = 1614,00 \text{ kg/m}$$

$$- \text{Balok} = 0,35 \cdot 0,65 \cdot 2400 = 546,00 \text{ kg/m}$$

$$- \text{Dinding} = 250 \cdot 3,5 = 875,00 \text{ kg/m}$$

$$Q_d = 3035,00 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup

$$- Q_l = 0,9 \cdot 0,91667 \cdot 2 \cdot 1,80 \cdot 250 = 743,00 \text{ kg/m}$$

5.3. Validasi Program

Sebagai perbandingan antara perhitungan manual dengan perhitungan komputer tersaji dalam beberapa tabel berikut di bawah. Prosentase perbedaan diperoleh dari selisih antara perhitungan manual dengan komputer, kemudian dibandingkan dengan perhitungan komputer. Jadi perbedaannya merupakan prosentase terhadap perhitungan komputer. Pada validasi program ini tidak semuanya disajikan, tetapi diambil hanya sebagian saja karena dianggap sudah mewakili. Hasil perhitungan manual dan perhitungan komputer selengkapnya tersaji pada lampiran manual dan lampiran print out program komputer.

5.3.1. Gaya Gempa

Tabel 5.1. Validasi Berat Lantai

Tgt	Wi Manual	Wi Komputer	% Perbedaan
3	62015.400	62015.40	0
2	106612.20	106612.2	0
1	107827.20	107827.2	0

Tabel 5.2. Validasi Kekakuan

Tgt	K Manual	K Komputer	% Perbedaan
3	123104.635	123104.6	2.843109E-07
2	123104.635	123104.6	2.843109E-07
1	82470.4900	82470.50	1.212555E-07

Tabel 5.3. Validasi Gaya Horizontal Gempa

Tgt	Fi Manual	Fi Komputer	% Perbedaan
3	13308.201	13308.20	7.514163E-08
2	15598.947	15598.95	1.923206E-07
1	8414.2500	8414.250	0

5.3.2. Analisis Struktur

Tabel 5.4. Validasi Kekakuan Relatif

Elemen	k Manual	k Komputer	% Perbedaan
Balok	1.11249E-03	1.112486E-03	3.595538E-06
Kolom (1)	8.54297E-04	8.542969E-04	1.170553E-07
Kolom (2-3)	9.76339E-04	9.763393E-04	3.072702E-07

Tabel 5.5. Validasi Faktor Distribusi

α, b	α, b Manual	α, b Komputer	% Beda
20 - 19	-0.266295	-0.266295	0
20 - 11	-0.233705	-0.233705	0
19 - 20	-0.173754	-0.173755	5.755230E-06
19 - 18	-0.173754	-0.173755	5.755230E-06
19 - 12	-0.152490	-0.152491	6.557764E-06
18 - 19	-0.173754	-0.173755	5.755230E-06
18 - 17	-0.173754	-0.173755	5.755230E-06
18 - 13	-0.152490	-0.152491	6.557764E-06
17 - 18	-0.173754	-0.173755	5.755230E-06
17 - 16	-0.173754	-0.173755	5.755230E-06
17 - 14	-0.152490	-0.152491	6.557764E-06
16 - 17	-0.266295	-0.266295	0
16 - 15	-0.233705	-0.233705	0
15 - 16	-0.159263	-0.159264	6.278883E-06
15 - 14	-0.181473	-0.181472	5.510462E-06
15 - 6	-0.159263	-0.159264	6.278883E-06
14 - 17	-0.116852	-0.116853	8.557761E-06
14 - 15	-0.133148	-0.133147	7.510439E-06
14 - 13	-0.133148	-0.133147	7.510439E-06
14 - 7	-0.116852	-0.116853	8.557761E-06
13 - 18	-0.116852	-0.116853	8.557761E-06
13 - 14	-0.133148	-0.133147	7.510439E-06
13 - 12	-0.133148	-0.133147	7.510439E-06
13 - 8	-0.116852	-0.116853	8.557761E-06
12 - 19	-0.116852	-0.116853	8.557761E-06
12 - 13	-0.133148	-0.133147	7.510439E-06
12 - 11	-0.133148	-0.133147	7.510439E-06
12 - 9	-0.116852	-0.116853	8.557761E-06
11 - 20	-0.159263	-0.159264	6.278883E-06
11 - 12	-0.181473	-0.181472	5.510462E-06
11 - 10	-0.159263	-0.159264	6.278883E-06
10 - 11	-0.165868	-0.165868	0
10 - 9	-0.188998	-0.188998	0

10 - 1	-0.145134	-0.145134	0
9 - 12	-0.120369	-0.120369	0
9 - 10	-0.137154	-0.137154	0
9 - 8	-0.137154	-0.137154	0
9 - 2	-0.105323	-0.105323	0
8 - 13	-0.120369	-0.120369	0
8 - 9	-0.137154	-0.137154	0
8 - 7	-0.137154	-0.137154	0
8 - 3	-0.105323	-0.105323	0
7 - 14	-0.120369	-0.120369	0
7 - 8	-0.137154	-0.137154	0
7 - 6	-0.137154	-0.137154	0
7 - 4	-0.105323	-0.105323	0
6 - 15	-0.165868	-0.165868	0
6 - 7	-0.188998	-0.188998	0
6 - 5	-0.145134	-0.145134	0

Tabel 5.6. Validasi Distribusi Momen Beban Mati

Ptr	Join	Momen Manual	Momen Komputer	% Perbedaan
0	6	-2227428.33	- 2.227431E+06	1.198691E-06
1		-1872679.90	- 1.872682E+06	1.121387E-06
2		-2007342.92	- 2.007345E+06	1.036196E-06
3		-2001818.55	- 2.001821E+06	1.223887E-06
4		-2004407.84	- 2.004410E+06	1.077625E-06
5		-2004980.64	- 2.004983E+06	1.177069E-06
6		-2005058.86	- 2.005061E+06	1.067300E-06
7		-2005101.37	- 2.005104E+06	1.311654E-06
0	7	0.0000000	0.000000E+00	0
1		256845.54	2.568458E+05	1.012281E-06
2		250245.86	2.502463E+05	1.758271E-06
3		254885.67	2.548862E+05	9.286516E-05
4		255478.47	2.554790E+05	2.074539E-06
5		255410.74	2.554113E+05	2.192547E-06
6		255438.28	2.554388E+05	2.035717E-06
7		255447.33	2.554479E+05	2.231379E-06
0	8	0.0000000	0.000000E+00	0
1		-35227.39	- 3.522742E+04	8.516100E-07
2		3978.790	3.978806E+03	4.021323E-06
3		212.6600	2.126152E+02	2.106649E-04
4		556.5000	5.564619E+02	1.523819E-04
5		210.2750	2.102572E+02	8.465105E-05
6		59.78600	5.977727E+01	1.460208E-04
7		19.28600	1.929005E+01	2.099969E-04

0	9	0.0000000	0.000000E+00	0
1		-300669.13	-3.006694E+05	8.314787E-07
2		-244048.34	-2.440487E+05	1.475118E-06
3		-256231.18	-2.562317E+05	2.029417E-06
4		-255752.18	-2.557527E+05	2.033218E-06
5		-255492.48	-2.554930E+05	2.035284E-06
6		-255468.26	-2.554688E+05	2.113765E-06
7		-255452.63	-2.554531E+05	1.839871E-06
0	10	2227428.33	2.227431E+06	1.198692E-06
1		1929505.76	1.929508E+06	1.160919E-06
2		2014891.80	2.014894E+06	1.091870E-06
3		2006836.60	2.006839E+06	1.195912E-06
4		2005646.43	2.005649E+06	1.280382E-06
5		2005369.86	2.005372E+06	1.067135E-06
6		2005196.30	2.005199E+06	1.346501E-06
7		2005145.56	2.005148E+06	1.216869E-06

* Validasi hanya ditinjau sebagian (pada tingkat pertama)

Tabel 5.7. Validasi Distribusi Momen Penggoyangan Beban Gempa

Ptr	Tingkat	Momen Manual	Momen Komputer	% Perbedaan
0	1	-17474671.22	-1.747467E+07	6.981533
1		-22261950.67	-2.226196E+07	4.191007
2		-23613239.06	-2.361325E+07	4.632994
3		-24033679.86	-2.403364E+07	1.658506
4		-24040344.89	-2.417157E+07	5.458537
5		-24178800.40	-2.421832E+07	1.634473
6		-24222786.21	-2.423463E+07	4.889524
0	2	-10362693.49	-1.036269E+07	3.367851E-07
1		-17283263.74	-1.728328E+07	9.407945E-07
2		-19943384.65	-1.994280E+07	2.931548E-05
3		-20221638.09	-2.092476E+07	3.347708E-03
4		-21085977.77	-2.128563E+07	9.468483E-03
5		-21346515.51	-2.141769E+07	3.334244E-03
6		-21439753.44	-2.146586E+07	1.217671E-03
0	3	-4770751.092	-4.770750E+06	2.288948E-07
1		-7700217.203	-7.700228E+06	1.402168E-06
2		-9405926.943	-9.405410E+06	5.495928E-05
3		-10236516.23	-1.023629E+07	2.210029E-05
4		-10530032.19	-1.059020E+07	5.713925E-03
5		-10689509.60	-1.073116E+07	3.896381E-03
6		-10764573.99	-1.078523E+07	1.918888E-03

Hasil akhir dari analisis struktur perhitungan komputer maupun dengan perhitungan manual yang telah ditabelkan di atas menunjukkan keakuratan dari program komputer ini. Momen akhir keakuratannya menjadi lebih penting karena perencanaan beton hanya ditinjau terhadap hasil momen akhir ini.

Tabel 5.8. Validasi Momen Akhir Beban Mati (hanya ditinjau pada balok)

M	M Manual	M Komputer	% Beda
20- 19	-4260.182	-4.260187E+03	1.173659E-06
19 - 20	8109.972	8.109969E+03	3.699149E-07
19 - 18	-7536.168	-7.536170E+03	2.653869E-07
18 - 19	6826.738	60826737E+03	1.464828E-07
18 - 17	-6826.682	-6.826682E+03	0
17 - 18	7536.192	7.536194E+03	2.653860E-07
17 - 16	-8109.937	-8.109933E+03	4.932221E-07
16 - 17	4260.259	4.260264E+03	1.173638E-06
11 - 12	-9662.298	-9.662310E+03	1.241941E-06
12 - 11	14567.91	1.456448E+04	6.374033E-04
12 - 13	-13749.65	-1.347275E+04	1.956413E-04
13 - 12	12930.43	1.293043E+04	0
13 - 14	-12930.37	-1.293038E+04	7.733731E-07
14 - 13	13472.84	1.347274E+04	0
14 - 15	-14564.38	-1.456438E+04	0
15 - 14	9662.377	9.662390E+03	1.345425E-06
10 - 9	-8933.980	-8.933992E+03	1.343186E-06
9 - 10	14773.53	1.477352E+04	6.768863E-07
9 - 8	-13679.56	-1.367955E+04	7.310177E-07
8 - 9	12827.05	1.282706E+04	7.796025E-07
8 - 7	-12826.97	-1.282698E+04	7.796073E-07
7 - 8	13679.59	1.367959E+04	0
7 - 6	-14773.49	-1.477349E+04	0
6 - 7	8934.072	8.934084E+03	1.343172E-06

Tabel 5.9. Validasi Momen Akhir Beban Gempa (hanya ditinjau pada balok)

M	M Manual	M Komputer	% Beda
20- 19	4204.514	4213.713	2.187887E-03
19 - 20	3520.513	3526.986	1.838652E-03
19 - 18	2956.901	2961.534	1.566843E-03
18 - 19	3077.290	3082.810	1.793786E-03
18 - 17	3075.122	3081.188	1.972605E-03

17 - 18	2952.564	2958.291	1.939670E-03
17 - 16	3519.697	3526.075	1.812088E-03
16 - 17	4209.388	4216.757	1.750611E-03
11 - 12	10572.31	10585.22	1.221114E-03
12 - 11	9367.694	9379.958	1.309180E-03
12 - 13	8278.931	8290.504	1.397886E-03
13 - 12	8394.782	8406.311	1.204949E-03
13 - 14	8397.797	8408.129	1.230322E-03
14 - 13	8284.961	8294.141	1.108032E-03
14 - 15	9368.400	9380.354	1.275992E-03
15 - 14	10564.67	10580.55	1.503218E-03
10 - 9	16867.87	16878.06	6.041071E-04
9 - 10	14295.62	14302.05	4.497881E-04
9 - 8	12113.69	12118.77	4.193602E-04
8 - 9	12504.02	12511.50	5.982076E-04
8 - 7	12501.03	12510.18	7.319397E-04
7 - 8	12107.71	12116.13	6.954246E-04
7 - 6	14294.27	14301.91	5.344799E-04
6 - 7	16874.13	16881.73	4.503936E-04

5.4. Pembahasan

Pada gedung bertingkat perlakuan struktur akibat beban menyebabkan terjadinya distribusi gaya. Untuk mempersingkat perhitungan, perencana menganggap elemen-elemen tertentu pada bangunan portal bertingkat mengalami perlakuan gaya yang sama. Sehingga hasil perhitungan gaya-gayanya sama untuk elemen-elemen tersebut.

Pada kenyataannya elemen-elemen mempunyai perlakuan yang berbeda terhadap gaya, hal ini dapat dikarenakan beban yang bekerja dan posisi elemen pada struktur portal. Oleh karena itu, pada program ini masing-masing elemen dihitung berdasarkan gaya yang bekerja, sehingga setiap elemen dapat direncanakan sesuai dengan kenyataan.

Dengan program ini, tingkat kesalahan atau kekurangtelitian perhitungan dapat diminimalkan. Tingkat kesalahan tersebut dapat dilihat pada tabel-tabel validasi program

dengan hasil perhitungan manual, dimana nilai prosentase kesalahan sangat kecil. Hasil dari perencanaan dengan program ini menjadi lebih teliti, cermat dan efisien.

Program perencanaan gedung bertingkat ini diberi nama “UNIITS. M2”, yang merupakan pengembangan dari program UNIITS. M1 yang telah ada sebelumnya. Pada program UNIITS. M1, perencanaannya belum dilengkapi dengan cara Desain Kapasitas dan juga kemampuan untuk perhitungan analisis strukturnya masih terbatas pada 5 tingkat dengan jumlah bentang balok 2 buah. Dari hasil perhitungan seperti pada model kajian, waktu yang dibutuhkan untuk perhitungan analisis struktur dan perencanaan struktur beton dengan cara manual relatif lama. Dengan menggunakan program ini, perencanaan gedung bertingkat tersebut dapat diselesaikan dengan waktu yang jauh lebih cepat.

5.4.1. Gaya Gempa

Wilayah Indonesia termasuk daerah rawan gempa atau dengan kata lain termasuk wilayah dengan tingkat resiko gempa yang cukup tinggi. Oleh karena itu, setiap perencanaan gedung harus memperhitungkan pengaruh gaya gempa yang bekerja pada struktur gedung tersebut. Mekanisme keruntuhan struktur harus direncanakan terlebih dahulu, yaitu dengan terbentuknya sendi-sendi plastis pada balok yang lebih diharapkan dari pada terbentuk pada kolom. Perencanaan gedung dengan metoda Desain Kapasitas merupakan metoda yang paling sesuai untuk perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa karena pada metoda ini terbentuknya sendi-sendi plastis direncanakan terbentuk pada balok-balok. Pada program ini, beban gempa yang bekerja dihitung berdasarkan PPKGURDG 1987.

Dari hasil validasi menunjukkan bahwa tingkat kesalahan sangat kecil. Dengan demikian program ini dapat digunakan untuk menghitung gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur.

5.4.2. Analisis Struktur

Analisis struktur dengan metoda Takabeya dipakai pada program ini karena mempunyai kemudiam pada sistematika perhitungannya. Kesalahan yang sering terjadi pada perhitungan manual adalah pada perhitungan distribusi momen awal dan distribusi momen penggoyangan. Disamping pada waktu pembulatan angka-angkanya, juga karena harus dilakukan secara beriterasi. Hal ini sangat memungkinkan terjadinya kesalahan hitungan.

Kesalahan-kesalahan tersebut dapat dihindari dengan menggunakan program ini, karena tingkat pembulatan pada perhitungan dengan komputer bisa sangat kecil, dan ketelitian hitungan beriterasi dengan komputer ketelitiannya jauh lebih baik.

Karena metoda Takabeya merupakan perhitungan gaya yang beriterasi, maka momen distribusi awal dan momen distribusi penggoyangan akan mempunyai nilai yang berulang-ulang pada setiap join struktur tertentu. Untuk mendapatkan nilai yang benar pada berapapun perputaran momen distribusi yang dilakukan, maka nilai akhir distribusi tersebut harus dikoreksi untuk memastikan bahwa perhitungan sudah benar.

5.4.3. Perencanaan Beton

Dalam perencanaan beton ada 2 cara perhitungannya, yaitu analisis dan desain beton. Pada analisis beton penampang sudah direncanakan akan mampu menahan gaya rencana. Atau dengan kata lain, akhir dari analisis beton adalah kontrol terhadap gaya

rencana. Dalam analisis beton nilai gaya rencana dan gaya kapasitas tampang dapat berbeda jauh karena adanya pembulatan dan persyaratan-persyaratan dari peraturan yang digunakan. Untuk desain beton, gaya rencana digunakan untuk menentukan dimensi tampang dan tulangan yang digunakan, sehingga nilai kapasitas gaya dan gaya rencana akan berbeda sedikit.

Pada program ini, selain untuk perencanaan struktur portal juga untuk perencanaan tiap-tiap elemen. Pada perencanaan portal digunakan desain untuk balok dan analisis untuk kolom.

