

BAB IV

PENERAPAN DAN PERHITUNGAN

Setelah dijelaskan hal-hal mengenai *flate plate* beton prategang pada bab-bab sebelumnya maka pada Bab IV ini akan memberikan penerapan dengan menggunakan bahasa program *visual basic* beserta contoh perhitungan secara manual. Pada Bab IV ini akan dibagi menjadi tiga subbab yaitu algoritma program, perencanaan tampilan, contoh perhitungan, dan diakhiri dengan sistematika penulisan.

4.1 Algoritma Program

Dalam pembuatan sebuah program, langkah pertama adalah menentukan algoritma sebuah program yaitu daftar urutan langkah pemrograman, agar program tersebut lebih mudah dibangun dan dikembangkan.

Untuk pemrograman Visual dengan *Visual Basic 6*, secara umum dapat diringkas menjadi tiga langkah pemrograman.

1. Membuat tampilan program dengan komponen *visual basic*.
2. Mengatur karakteristik, atau properti, elemen-elemen yang diperlukan dalam membentuk tampilan program.
3. Menulis kode program untuk satu atau beberapa komponen visual sesuai dengan keutuhan.

Penerapan tiga langkah diatas pada program yang akan dibuat akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut dibawah ini.

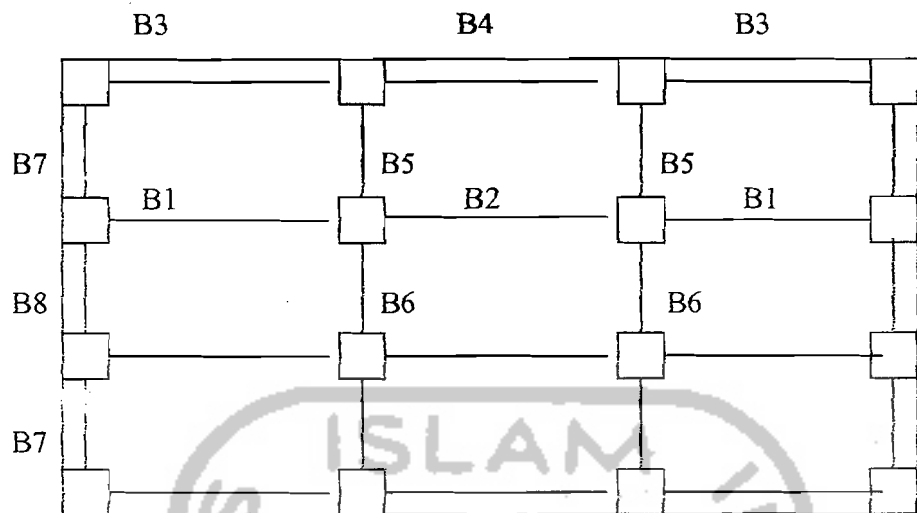
Program bernama *FLATEP2001*. dengan tujuan membuat program yang mampu menganalisa flate plate beton prategang yang direncanakan tersebut aman atau tidak terhadap gaya-gaya yang terjadi.

Program ini merupakan sebuah program yang secara khusus hanya menghitung dan menganalisa suatu desain flate plate prategang, sedangkan input berupa gaya-gaya yang terjadi dan momen pada pelat tersebut didapatkan dari program perhitungan analisa struktur yang sudah ada yaitu SAP90.

Program merupakan sebuah program MDI (*Multi Document Interface*), yaitu program yang terdiri dai beberapa sub program. Pada program FLATEP ini semua subprogram dibuat terurutkan dari Input awal sampai dengan output terakhir yaitu perhitungan *endblock*.

Program ini didesain untuk dapat menganalisis 4 bentang sekaligus dalam suatu perencanaan pelat ,yaitu arah melintang ada bentang tengah dan bentang pinggir ,pada arah memanjang terdapat pula bentang tengah dan pinggir ,sehingga diharapkan pada akan dapat menghasilkan analisa yang akurat .

Adapun empat bentang yang dimaksud dapat dijelaskan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Gambar bentang *flate plate*

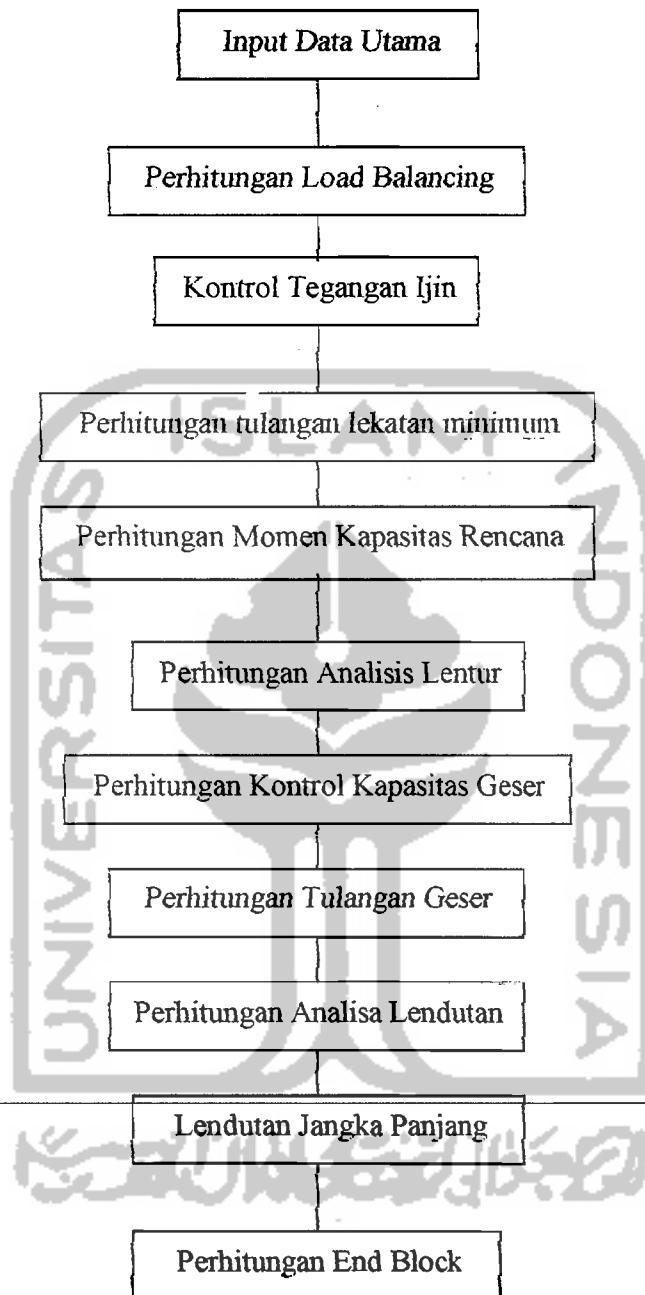
Bentang B1 – B2 – B1 merupakan bentang tengah arah memanjang

Bentang B3 – B4 – B3 merupakan bentang pinggir arah memanjang

Bentang B5 – B6 – B5 merupakan bentang tengah arah melintang

Bentang B7 – B8 – B7 merupakan bentang pinggir arah melintang

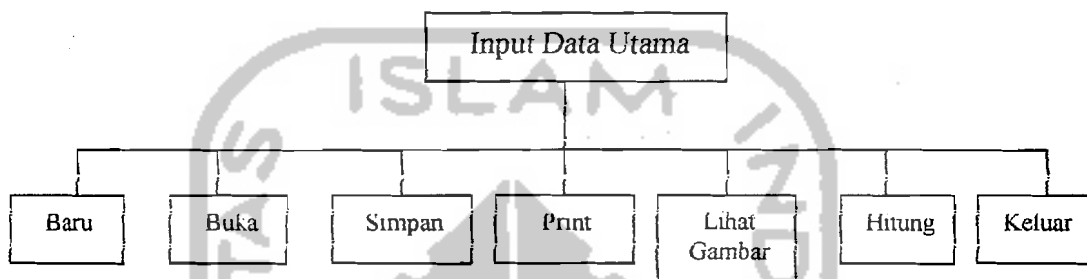
Urutan dari program tersebut dapat dilihat dari Gambar 4.2 berikut ini.



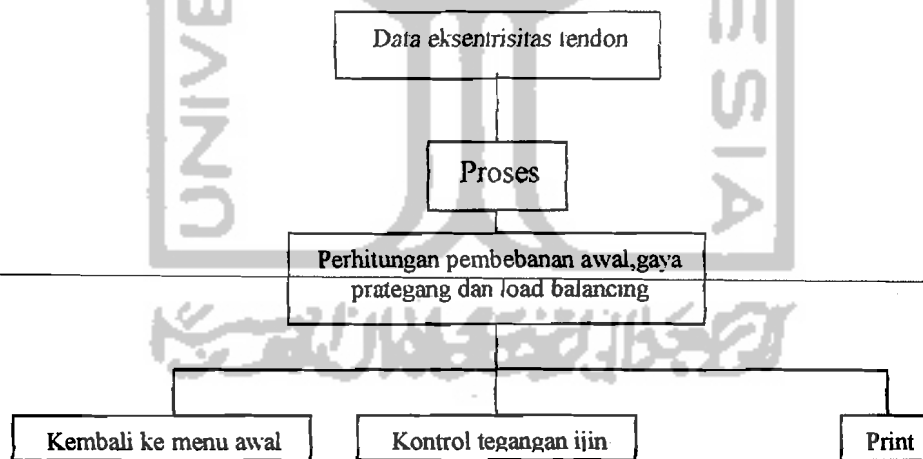
Gambar 4.2 Urutan Program *FLATEP*

Pada menu awal, yaitu menu *Input Data Utama* terdapat beberapa buah submenu, yaitu menu *New* untuk mengedit data baru, menu *Open* untuk membuka

data yang telah disimpan sebelumnya, menu *Save* untuk menyimpan data yang telah dimasukkan, menu *Print* untuk mencetak data ke printer, menu gambar untuk melihat keterangan gambar penampang pelat, menu hitung untuk melanjutkan ke proses selanjutnya. Untuk lebih jelasnya mengenai menu ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Menu Input data Utama

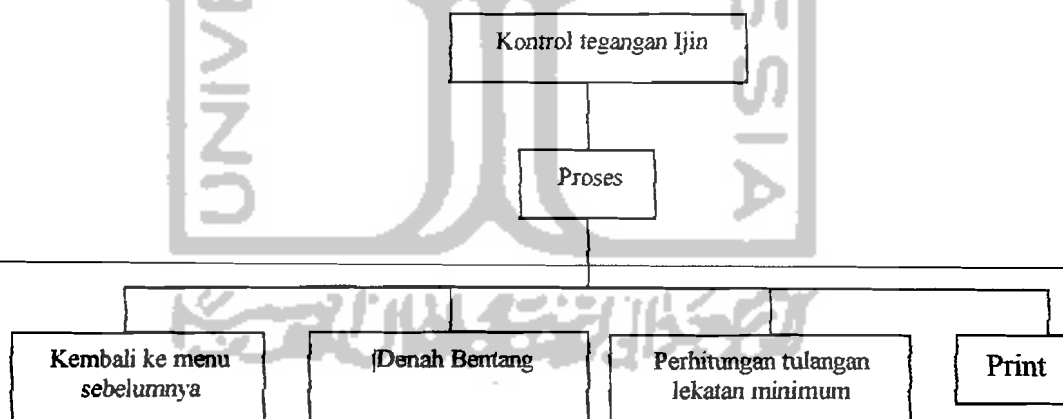


Gambar 4.4 Menu Output Pertama

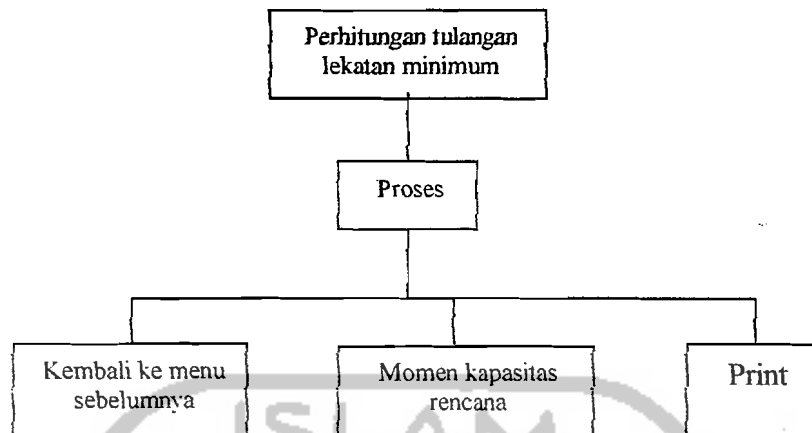
Ketika tombol Hitung ditekan, akan segera memanggil subprogram berikutnya yaitu subprogram perhitungan Load Balancing. Pada submenu kedua

ini, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung pembebanan yang bekerja, gaya prategang aktual dan perhitungan perimbangan beban (load balancing). Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali ke menu awal, menu kontrol tegangan ijin untuk menuju ke menu kontrol tegangan ijin dan menu print untuk mencetak hasil ke printer. Untuk lebih jelasnya mengenai proses ini bisa dilihat kembali pada Gambar 4.4.

Pada submenu ketiga jika tombol proses ditekan akan segera dihitung tegangan-tegangan yang bekerja, pada saat transfer maupun saat layan di daerah tumpuan maupun lapangan. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali ke menu awal, menu kontrol tegangan ijin untuk menuju ke menu kontrol tegangan ijin dan menu print untuk mencetak hasil ke printer. Submenu ketiga ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.

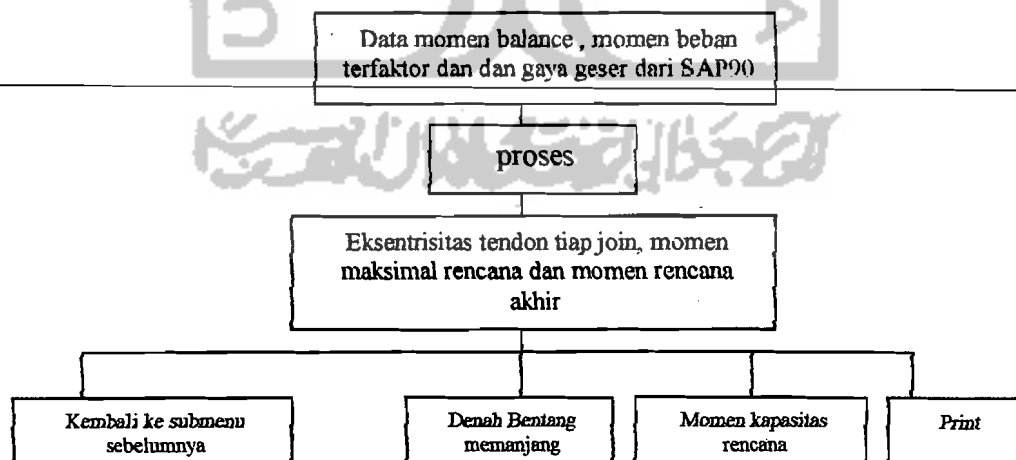


Gambar 4.5 Menu Kontrol Tegangan Ijin



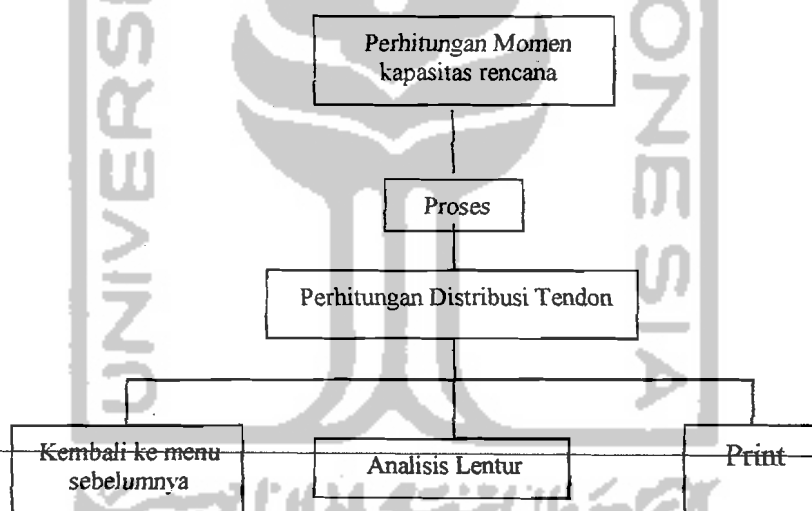
Gambar 4.6 Submenu tulangan lekatan minimum.

Pada submenu keempat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung jumlah tulangan dan jarak tulangan lekatan minimum, sehingga dapat kita tentukan jumlah tulangan yang akan dipakai. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali ke menu awal, menu momen kapasitas rencana untuk menuju ke menu momen kapasitas rencana dan menu print untuk mencetak hasil ke printer.



Gambar 4.7 Submenu momen rencana akhir.

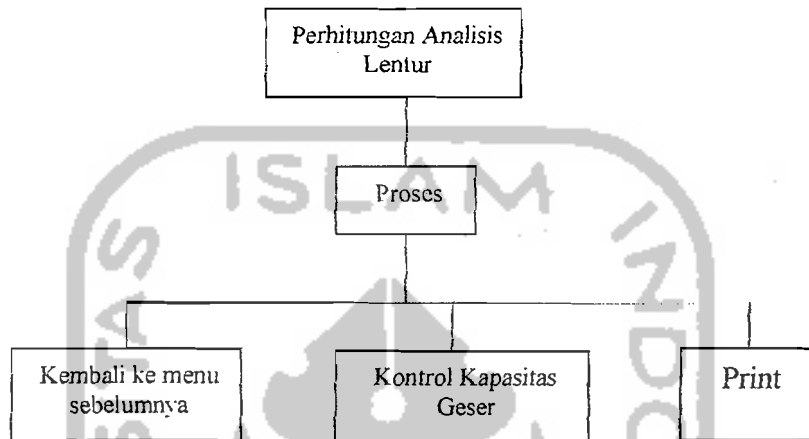
Submenu kelima seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 4.7 yaitu perhitungan momen rencana akhir perbentang. Program *FLATEP 2001* ini merupakan *post processing manual* maka sebelumnya dimasukkan data momen balance, momen beban terfaktor dan gaya geser akibat beban terfaktor dari perhitungan SAP90. Jika tombol proses ditekan maka akan dihasilkan data eksentrisitas, momen maksimal rencana kolom dan momen rencana akhir, kemudian menu kembali ke menu sebelumnya untuk kembali ke menu sebelumnya. Menu momen kapasitas rencana untuk menuju ke submenu momen kapasitas rencana dan submenu print untuk mencetak hasil di printer.



Gambar 4.8 Submenu perhitungan momen kapasitas rencana.

Submenu keenam seperti pada Gambar 4.8 diatas yaitu perhitungan momen kapasitas rencana yang akan menganalisis momen kapasitas rencana tumpuan, momen tengah bentang dan input yang diperlukan untuk perhitungan distribusi tendon. Setelah ditekan tombol proses didapatkan output jarak dan

jumlah tendon, kemudian submenu kembali ke menu sebelumnya. Sedangkan pada submenu analisis Lentur untuk menuju ke submenu analisis lentur dan submenu print untuk mencetak hasil di printer.

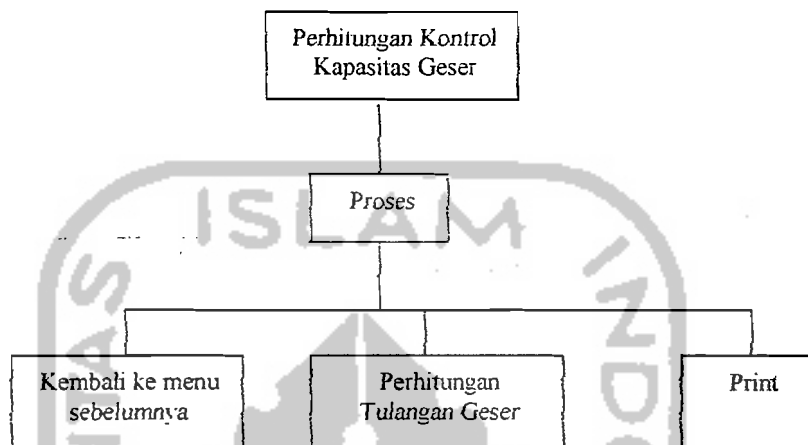


Gambar 4.9 Submenu Perhitungan analisis lentur.

Pada submenu ketujuh seperti Gambar 4.9 ini, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung lenturan yang terjadi pada daerah tumpuan dalam maupun tumpuan luar dan kesimpulan apakah daerah-daerah tersebut aman terhadap lentur atau tidak. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu awal, menu kontrol kapasitas geser menuju ke menu kontrol kapasitas geser dan menu print untuk mencetak hasil ke printer.

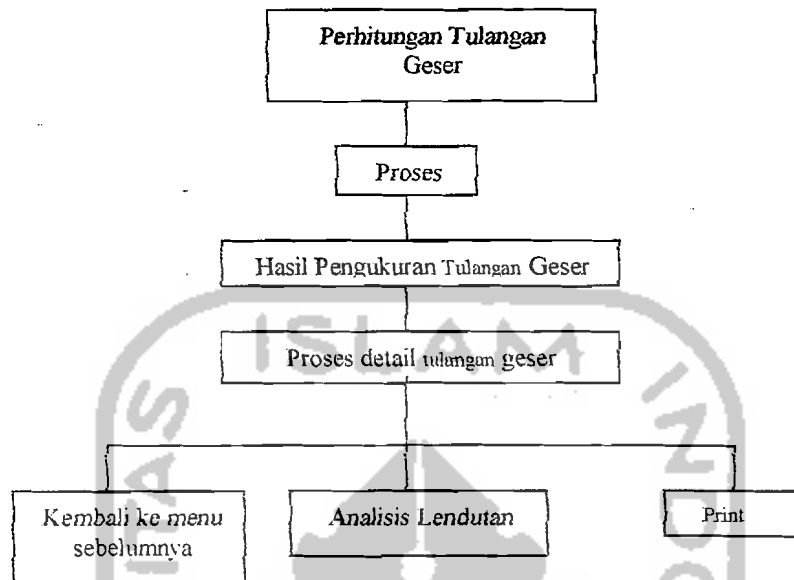
Pada submenu seperti yang dapat dilihat Gambar 4.10, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung gaya-gaya geser ultimit yang terjadi pada kolom pinggir dan kolom tengah. Selain itu juga untuk mengetahui apakah pada kolom-kolom tersebut membutuhkan tulangan geser atau tidak. Kemudian di bawahnya

ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu awal, menu perhitungan tulangan geser untuk menuju ke menu perhitungan tulangan geser dan menu print untuk mencetak hasil ke printer

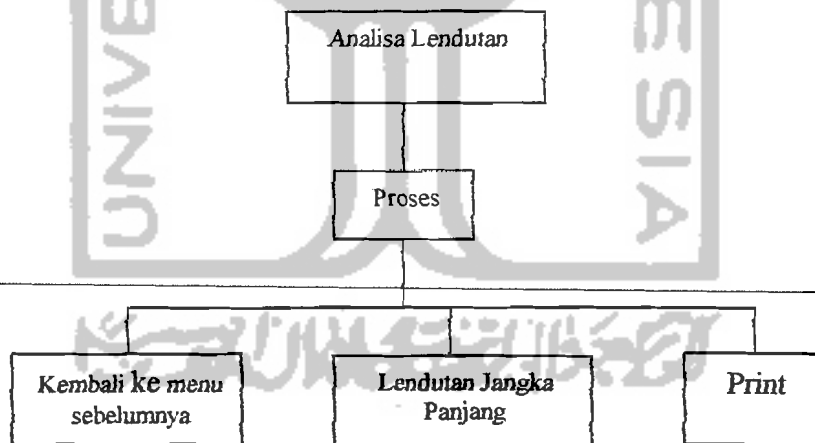


Gambar 4.10 submenu kontrol kapasitas geser

Submenu kedelapan yaitu perhitungan tulangan geser. Jika tombol proses pertama ditekan akan menghasilkan output yang menginformasikan apakah tulangan geser tersebut dapat dipakai. Kemudian setelah ditekan tombol proses yang kedua didapatkan detail dari tulangan geser tersebut. Submenu kembali ke menu sebelumnya untuk kembali ke menu sebelumnya, submenu analisis Lendutan untuk menuju ke submenu analisis lendutan dan submenu print untuk mencetak hasil di printer. Untuk lebih jelasnya tentang submenu ini dapat dilihat pada Gambar 4.11.



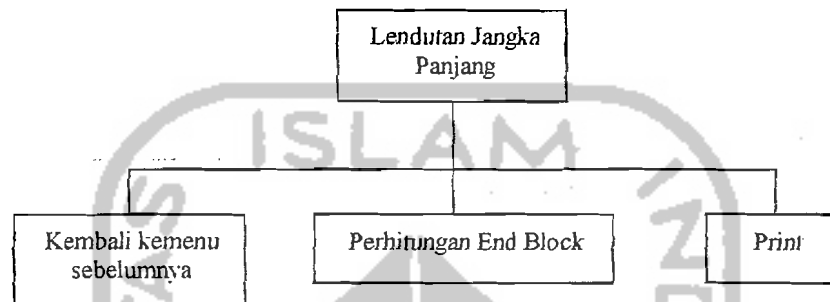
Gambar 4.11 Submenu perhitungan tulangan geser



Gambar 4.12 Submenu Analisa Lendutan .

Submenu pada Gambar 4.12 ini, jika tombol proses ditekan akan segera dihitung lendutan yang terjadi pada portal arah melintang maupun arah

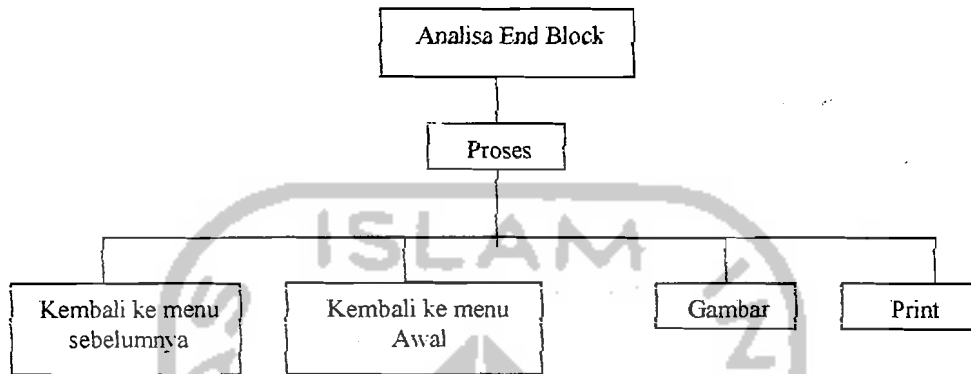
memanjang serta menghitung total defleksi yang terjadi. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu awal, menu lendutan jangka panjang menuju ke menu lendutan jangka panjang dan menu print untuk mencetak hasil ke printer.



Gambar 4.13 Submenu Lendutan jangka Panjang.

Submenu kesepuluh pada Gambar 4.13, merupakan submenu output lanjutan dari submenu sebelumnya yang menganalisis lendutan jangka panjang pada portal arah melintang dan memanjang. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu awal, menu perhitungan *end block* menuju ke menu perhitungan *end block* dan menu print untuk mencetak hasil ke printer.

Pada submenu kesebelas jika tombol proses ditekan maka program akan mendesain daerah ujung (*end block*) dan pelat angkur. Kemudian di bawahnya ada menu kembali yaitu untuk kembali kemenu sebelumnya, menu kembali ke menu awal untuk menuju ke menu input data utama, menu gambar untuk melihat gambar desain bentang ujung dan menu print untuk mencetak hasil ke printer. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Submenu *Analisa End Block*.

4.2 Perencanaan Tampilan

Setelah algoritma program selesai direncanakan, langkah berikutnya adalah merencanakan tampilan program. Perencanaan ini dilakukan pada lingkungan pemrograman visual basic ketika modus desain sebuah form diaktifkan, selanjutnya diletakkan beberapa program. Program *FLATE PLATE* ini merupakan aplikasi MDI (*Multi Document Interface*) karena melibatkan "form" lebih dari satu. Form yang pertama adalah untuk menu input utama, setelah ditambah beberapa komponen visual, akan terlihat seperti Gambar 4.15 ini.

INPUT FLATE PLATE 2001		File Pertolongan	
Dimensi Pelat		Enggmer =	Ardian dan Wukisari
Panjang bentang dalam mm	8000	Project name =	TA 1
Lebar bentang dalam mm	6000	Tegangan rata-rata acuan di MPa	
Tinggi penampang dalam cm	180	Bentang B1-B2	0,9
Seismu beton di cm	20	Bentang B3-B4	0,9
		Bentang B5-B6	0,9
		Bentang B7-B8	0,9
Material Properti		Lihat tabel jenis tendon	
f_c di MPa	35	diameter tendon	12,7
f_y di MPa	240	Aps tendon di mm	98,7
Modulus Elastisitas Beton, KN/m	27805	f_{pu} dalam MPa	1863
Mutu Beton (f_c) dalam MPa	24	Data Pembebanan	
Dimensi Kolom		beban mati dalam KN/m	5,52
arah x dalam cm	500	Beban hidup dalam KN/m	2,5
arah y dalam cm	500		
Lihat Gambar	Proses Selanjutnya	Exit	
9:52	27/06/01	Universitas Islam Indonesia 2001	

Gambar 4.15 Form Menu Input Utama

Form yang kedua digunakan untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi dengan metode load balancing, akan didapatkan data pembebanan pada bentang dalam maupun luar, mendapatkan nilai kekakuan dasar kolom, kekakuan torsi dari pelat dalam garis kolom, kekakuan slab dan kontrol tegangan beton. Proses penghitungan tersebut dapat dilakukan dengan memasukan input yaitu berupa besarnya eksentrisitas tendon. Form kedua ini ditunjukkan pada Gambar 4.16 dibawah ini.

Gaya Prategang Aktual			
e bentang luar dalam m	0,08359	Inersia kolom	520833333
e bentang dalam dm m	0,1146	Kc	15782828,2
Proses		Konstanta torsional	751550400
jumlah tendon	9	Kt	2459619,49
Po aktual	173,7648045	kekakuan kolom ekuivalen	2127930,30
Pe aktual	154,457604	Inersia Slab	291600000
Tegangan rata-rata aktual fpc	0,8580978	Kekakuan Slab	1505032,25
Metode Load Balancing		Saat Transfer	
W total	8,02	Serat tekan	15,75
Pada bentang luar		Serat tarik	1,26086884
W bal	1,613888889	Saat layan	
W unb	6,406111110	Serat tekan	15,75
W D sisa	3,906111110	Serat tarik (M-)	2,95803989
Pada bentang dalam		Serat tarik (M+)	0,98601329
W bal	2,212605177		
W unb	5,807394822		
W D sisa	3,307394822		
Kembali ke awal		Denah bentang	
		Ke Bentang B3-B4	
		Print	

Gambar 4.16 Form Proses Perhitungan Perimbangan Beban

Form yang ketiga yaitu untuk menganalisa kontrol tegangan ijin, yaitu tegangan beton pada saat transfer dan pada saat layan di daerah tumpuan dan lapangan dengan input berupa data momen yang didapat dari hitungan program analisis struktur yaitu program SAP 90 dengan input pembebanan berasal dari form kedua. Form analisa kontrol tegangan ijin ini ditunjukkan pada Gambar 4.17.

Momen reaktif akibat W.D		Momen reaktif akibat W.mak	
M.D.sisa maks KNm	21.62	Munt-maks tumpuan KNm	35.69
		Munt-maks lapangan KNm	15.16
Proses			
Tegangan Yang Terjadi saat Transfer		Tegangan Yang Terjadi saat Layan	
		daerah tumpuan	
Mmaks muka kolom dm KNm	19.6669444448	Mmaks muka kolom dm KNm	32.48694444489
Modulus Penampang dm ⁴ m ⁻³	5400000	Tegangan desak beton MPa	6.87419862312
Tegangan desak beton MPa	4.6073867743	Kontrol teg tekan	aman
Kontrol teg tekan	aman	Tegangan tarik beton MPa	5.156003023129
Tegangan tarik beton MPa	2.67688672405	Kontrol teg tarik	<i>tidak aman</i>
Kontrol teg tarik	<i>tidak aman</i>	daerah lapangan	
		Tegangan desak beton MPa	3.66650520740
		Kontrol teg tarik	<i>aman</i>
Kembali ke awal	Daerah Rentang	Tegangan tpm Portal B3-B4	Print

Gambar 4.17 Form Kontrol Tegangan Ijin.

Form keempat yaitu untuk menganalisa tulangan lekatan minimum. Data yang didapat dari proses form sebelumnya adalah data luas tulangan lekatan minimum yang diperlukan, kemudian kita masukkan luas tulangan yang dipakai, yang bisa dilihat dari tabel tulangan yang telah disediakan, dengan menekan tombol proses, akan didapatkan data jumlah tulangan yang diperlukan dan jarak antar tulangan, kemudian diakhir form disediakan kotak input untuk memasukkan jumlah tulangan yang akan dipakai. Untuk lebih jelas mengenai form ini dapat dilihat pada Gambar 4.18.

	11-12	13-14	15-16	17
Luar Mangan yang disediakan				
Luar Mangan dipakai				
Tebal Tulangan				
Jumlah tulangan				
Jarak tulangan				
Jumlah tulangan dipakai				

Buttons: Kembali ke menu sebelumnya, Momen Kapasitas Rencana, PRINT

Gambar 4.18. Form Perhitungan Tulangan Lektan Minimum

Form yang kelima adalah untuk menghitung momen rencana akhir perbentang yang inputnya berupa momen balance dan momen beban terfaktor yang didapat berdasarkan program SAP 90 dengan data pembebanan dari form kedua, sehingga didapatkan eksentrisitas tendon tiap join pada portal tersebut, momen maksimal rencana kolom dan momen rencana akhirnya. Data-data pada form ini akan digunakan sebagai input pada perhitungan-perhitungan berikutnya.

Form momen rencana akhir ini akan ditunjukkan pada Gambar 4.19.

	Joint Terluar		Joint Dalam	
	ab	bc	bc	cd
M balance (KNm)	7,37	9,46	11,64	
M beban terfaktor (KNm)	49,6	59,81	56,88	
Geser akibat b.terfaktor (KN)	141,22	143,77	142,5	
PROSES				
e (m)	0	0,06096	0,06096	
M maks renc kolom (KNm)	42,23	68,21861482	53,10561482	
M renc akhir (KNm)	37,0775	62,74836482	47,15711482	

Buttons: Kembali ke sebelumnya, Desain Bentang momentang, Ke Bentang 13-14, PRINT

Gambar 4.19 Form Perhitungan Momen Rencana Akhir Bentang

Form yang keenam adalah untuk menghitung momen kapasitas rencana, sehingga didapatkan kesimpulan apakah momen-momen yang terjadi tersebut aman atau tidak terhadap struktur, selain itu juga didapat data-data distribusi tendon pada jalur kolom maupun tengah bentang. Untuk lebih jelas mengenai form keenam ini dapat dilihat pada Gambar 4.20.

Perhitungan Momen Kapasitas Rencana Bentang B1-B2			
Momen Utmr Negatif	52.74836482	Momen Utmr Positif	31.88238507
Momen Kapasitas Rencana tumpuan		Momen Kapasitas Rencana tengah bentang	
d	153.65	a	17.3476522352
p	3.6396363075	M _u	186.70736230
ite	11043.28	M _n aktual dalam KNm	39.852681345
tp	14.05187005	Keampunan	aman
a	9.867177815		
M _n	236.15238308		
M _n aktual dim KNm	66.835456154		
Keampunan	aman		
Distribusi Tendon			
Jumlah tendon jalur kolom		Jumlah tendon jalur tengah	
n kolom	5,3	n tendon	2,7
tendon diakar	2	tendon diakar	4
lebar jalur kolom	3000	lebar jalur tengah	6000
Perhitungan jarak tendon			
jarak tendon	333.3333333	jarak tendon	1250
Kembali ke sebelumnya	Urut Bentang	Ke Bentang B3-B4	Print

Gambar 4.20 Form Perhitungan Momen Kapasitas Rencana

Form yang ketujuh adalah untuk menganalisa lenturan yang terjadi pada flate plate, input momen tumpuan luar maupun momen tumpuan dalam yang didapat dari hitungan program analisis struktur SAP pada form kelima, sedangkan pengguna hanya memasukkan input jumlah tendon pada lebar efektifnya. Pada form ini akan dihasilkan kesimpulan aman tidaknya struktur flate plate beton prategang terhadap lentur. Form analisa lentur ini ditunjukkan pada Gambar 4.21.

Analisis LENTUR bentang B1 B2

M maks tumpuan luar: 37,0775
 M maks tumpuan dalam: 4,9F : 2499998899
 jumlah tendon pada lebar efektif: 2

Proses

lebar efektif (mm): 1040

Pada Tumpuan Luar		Pada Tumpuan Dalam	
yt	0,6	yt	0,6
p	2,10897435897	p	1,23532503942
fps	1279,23744680	fps	1396,60624113
a (mm)	16,9301057530	a (mm)	16,9301057530
M _o (KNm)	42,7094238818	M _o (KNm)	79,4141439405
M _u (KNm)	27,808125	M _u (KNm)	3,71343749999
Kesimpulan =	aman	Kesimpulan =	aman

Kembali Denah bentang Pelat Bentang B3-B4 Print

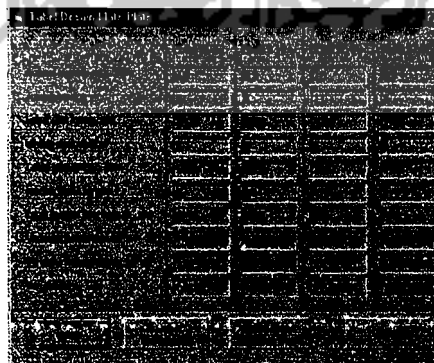
Gambar 4.21 Form Analisis Lentur.

Form kedelapan adalah untuk menghitung kontrol kapasitas geser pada kolom pinggir maupun kolom dalam dengan input berupa data gaya geser dan momen rencana akhir, sehingga didapatkan kesimpulan apakah pada bentang tersebut diperlukan tulangan geser atau tidak, form ini didesain untuk menghitung kapasitas geser untuk tiap-tiap portal yang berlainan sehingga didapatkan hasil yang efektif untuk proses selanjutnya. Form kapasitas geser ini dapat dilihat pada Gambar 4.22.

Kontrol Kapasitas Geser Bentang B1-B2	
Kolom Pinggir	Kolom Tengah Bentang
Gaya geser: 41.22	Gaya geser: 85.27
moment rencana: 37.0775	moment rencana: 4.951243939
Geser Kolom Pinggir	
do (mm): 2432	bc (mm): 2576
Ac (mm ²): 350208	Ac (mm ²): 370944
CAB (mm): 134.5328947	CAB (mm): 322
CCD (mm): 293.4671052	Jc (mm ⁴): 25361134080
g (mm): 43.45710525	Vu AB (MPa): 1.62542261469
Jc (mm ⁴): 4346371306	Vu CD (MPa): 1.33064520547
Vu AB (MPa): 1.156385060	Dvs (MPa): 1.21935195495
Vu CD (MPa): 0.114687486	
DVs (MPa): 1.219351954	
Kesimpulan	Kesimpulan
tidak perlu tulangan geser	perlu tulangan geser
Kembali	Denah bentang
Ke bentang B1-B4	Print

Gambar 4.22. Form Perhitungan Kapasitas Geser

Form kesembilan adalah tabel desain penulangan geser pada flate plate ,yaitu berupa kesimpulan dari data-data pada form sebelumnya yaitu form untuk menghitung kontrol kapasitas geser pada kolom pinggir maupun kolom dalam tiap portal yang berlainan. Untuk lebih jelas mengenai form kesembilan ini dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Form tabel desain flate plate beton prategang

Form kesepuluh adalah untuk perhitungan tulangan geser, dengan input gaya geser maksimal pada masing-masing jenis kolom dari perhitungan form sebelumnya, hal ini dilakukan agar lebih mudah dalam pelaksanaan, hasil akhirnya adalah data perencanaan tulangan geser untuk kolom pojok, kolom tepi dan kolom tengah. Form perhitungan tulangan geser ini dapat dilihat pada Gambar 4.24.

	Kolom Tepi	Kolom Tengah	Kolom Pojok
Vu (maks)	11201585962231	112542261463012	11201585962231
Vu (maks)	14205455065922	50294076639653	14205455065922
Vd	117748223343298	117748223343298	117748223343298
Tulangan geser	pasak 40x40	pasak 40x40	pasak 40x40
Vu dengan t.d geser	20718584696797	20718584696797	20718584696797
Vs	21376666013054	225754319518504	21376666013054
Dimensi Jangkar	12	12	12
Jarak melintang	140	140	140
Jarak panjang	480	480	480
	PROSES	PROSES	PROSES
A' (pas)			
A' (pas melintang)			
A' (pas)			
as			
Jarak melintang			
Kembali	Gambar tulangan geser	Abstrak perhitungan	Print

Gambar 4.24 Form Perhitungan Tulangan Geser

Form kesebelas adalah untuk menganalisa lendutan yang terjadi pada masing-masing portal arah memanjang dan melintang, dengan input berupa momen-momen yang didapat dari program analisis struktur. Form kesebelas ini dapat dilihat pada Gambar 4.25.

Portal arah memanjang		Portal arah melintang	
Momen	11,9426079925	Momen arah memanjang	17,4759725
Defleksi arah memanjang	11,3618532682	Defleksi arah melintang	14,3174384352
Wust	14506304672	Wust	15208295202
Defleksi arah memanjang	1386000981	Defleksi arah memanjang	220500999
Defleksi arah melintang	1143000000	Defleksi arah melintang	1452200000
Defleksi arah memanjang	143000000	Defleksi arah melintang	143000000
Defleksi arah memanjang	111333333333	Defleksi arah memanjang	117660738183
Defleksi arah melintang	113333333333	Defleksi arah melintang	111983333333
Defleksi arah memanjang	113333333333	Defleksi arah memanjang	111983333333
Defleksi arah melintang	113333333333	Defleksi arah melintang	111983333333
Defleksi arah memanjang	113333333333	Defleksi arah memanjang	111983333333
Defleksi arah melintang	113333333333	Defleksi arah melintang	111983333333
Defleksi arah memanjang	113333333333	Defleksi arah memanjang	111983333333
Defleksi arah melintang	113333333333	Defleksi arah melintang	111983333333
Defleksi arah memanjang	113333333333	Defleksi arah memanjang	111983333333
Defleksi arah melintang	113333333333	Defleksi arah melintang	111983333333
Defleksi arah memanjang	113333333333	Defleksi arah memanjang	111983333333
Defleksi arah melintang	113333333333	Defleksi arah melintang	111983333333
Defleksi arah memanjang	113333333333	Defleksi arah memanjang	111983333333
Defleksi arah melintang	113333333333	Defleksi arah melintang	111983333333

Gambar 4.25 Form Perhitungan Analisa Lendutan

Form kedua belas dirancang sebagai output lendutan jangka panjang yang terjadi pada pelat dan sekaligus sebagai sarana untuk mengetahui apakah pelat tersebut aman terhadap lendutan jangka panjang yang terjadi. Form kedua belas ini ditunjukkan pada Gambar 4.26.

Portal arah melintang		Kembali
Wust dim KN/m	4,27586419592	Gamma
Lendutan ipanjang dim mm	3,742099303334	Print
Portal arah memanjang		End Block
Wust dim KN/m	3,2114796848	
Lendutan ipanjang dim mm	3,658297159170	
defleksi total jangka panjang mm	11,99819691071	
defleksi batas mm	26	
Kesimpulan		
aman terhadap lendutan jangka panjang		

Gambar 4.26 Form Output Perhitungan Lendutan

Form ketigabelas untuk merencanakan daerah ujung dan untuk merencanakan luasan pelat angkur, dengan input berupa momen maksimal pada daerah ujung, diameter tulangan sengkang ujung, luas pelat angkur yang digunakan yang dapat dilihat pada tabel tendon pada pelat angkur yang sudah disediakan pada form ini. Form ketiga belas ini dapat dilihat pada Gambar 4.27.

Perencanaan Daerah Ujung (end block)	
Momen dlm Nmm	3313768
diameter tulangan dlm mm	12
luas pelat angkur dlm mm	1769796
A2/A1 diambil	2
PROSES	
Tabel Jersi Tendon	
Perhitungan Tulangan End Block	
jarak ujung dlm mm	45
teg. ujung dlm N	29250.1333
luas tul sengkang ujung dlm mm	117.7068888
luas sengkang sesungguhnya dlm mm	226.08
Kebutuhan tulangan sengkang ujung	
jumlah tulangan	0.520651490
jumlah tul dipakai	2
Penentuan Luasan Pelat Angkur	
A2/A1	1769796
A1 dipakai	3539592
Tegangan blok ujung saat transfer dlm MPa	37.56594202
kesimpulan	jumlah
Tegangan blok ujung saat layan dlm MPa	29.69949488
kesimpulan	jumlah
Kembali ke menu sebelumnya Kembali Ke Menu Awal Print Hasil Exit	

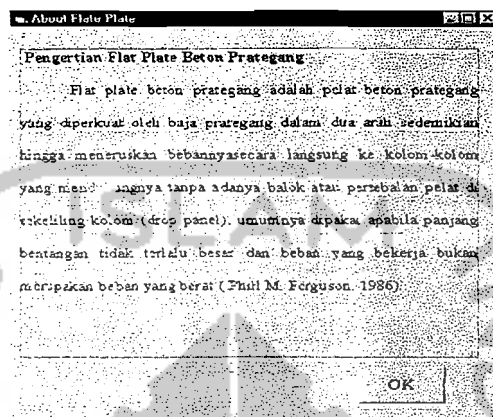
Gambar 4.27 Form Perhitungan *End Block*

Form yang keempatbelas adalah form "splash", yaitu form yang akan ditampilkan pertama kali sebelum menu utama diaktifkan. Dalam modus desain terlihat seperti Gambar 4.28 berikut.



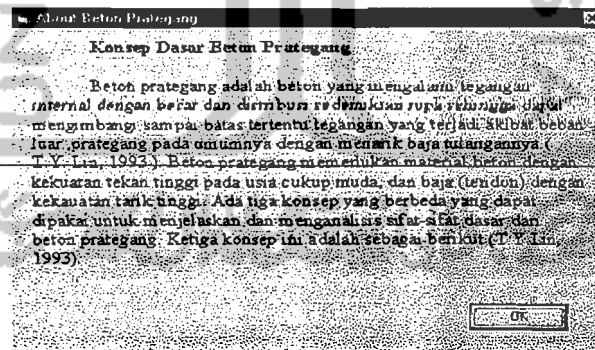
Gambar 4.28 Tampilan Awal Program Setelah Diaktifkan

Form yang kelimabelas adalah form yang menjelaskan pengertian dasar flate plate beton prategang. Dalam modus desain akan terlihat seperti pada Gambar 4.29.



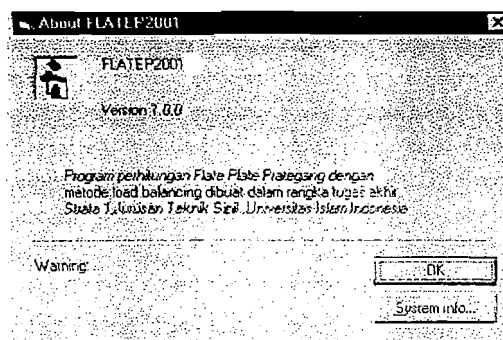
Gambar 4.29 Form Pengertian Flate Plate Beton Prategang

Form keenambelas adalah form yang menjelaskan pengertian dasar beton prategang, dalam modus desain akan terlihat seperti Gambar 4.30.



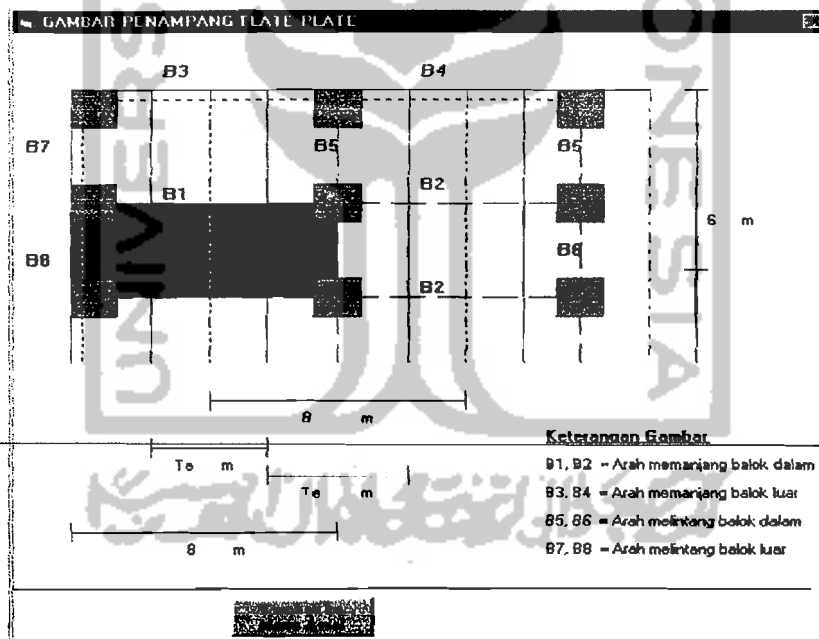
Gambar 4.30 Form Pengertian Dasar tentang Beton Prategang

Form ketujuhbelas adalah form yang menjelaskan tentang program FLATEP2001 versi trial, dalam modus desain akan terlihat seperti Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Form tentang Latar Belakang Program Flate Plate 2001

Form kedelapanbelas adalah form gambar desain penampang flateplate, seperti yang kita lihat pada Gambar 4.30.



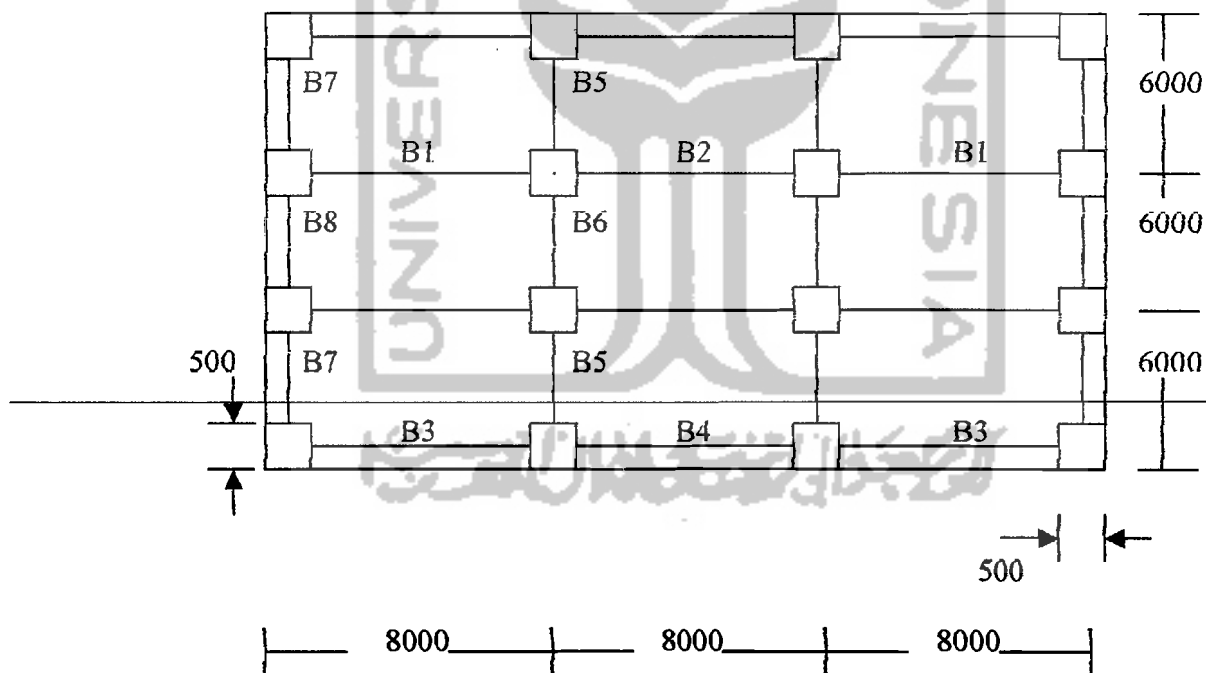
Gambar 4.32 Gambar Penampang *Flate Plate* Yang Akan Dilakukan

Proses Disain

4.3. Contoh Perhitungan

Untuk lebih jelasnya mengenai proses penyelesaian desain *flat plate* beton prategang dengan *unbonded tendon*, maka pada bagian ini akan disajikan suatu contoh disain dan kemudian diselesaikan berdasarkan apa yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

Sebagai contoh yaitu pada perencanaan suatu gedung perkantoran dengan struktur pelat menerus tiga bentangan. Panjang bentangan pelat yang akan dianalisis direncanakan berukuran 8 m x 6 m. kolom yang digunakan berukuran 0,5 m x 0,5 m dan tinggi kolom 3 m.



Gambar 4.33. Denah *Flat Plate* ukuran 8m x 6m

Mutu bahan yang digunakan yaitu :

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{ci} = 0,75 \cdot f_c = 26,25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_{pu} = 1863 \text{ MPa}$$

$$f_{se} = 0,75 \cdot f_{pu} = 1304,1 \text{ MPa}$$

$$BJ \text{ beton} = 24 \text{ KN/m}^3$$

$$R = 20\%$$

$$\phi \text{ tendon} = 12,75 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ tulangan non prategang} = 12 \text{ mm}$$

4.3.1. Perhitungan dalam bentuk manual

Perhitungan dalam bentuk manual ini dilakukan untuk melakukan pengecekan terhadap keakuratan terhadap program yang telah dibuat. Untuk perhitungan dalam bentuk manual ini dilakukan hanya pada portal B5-B6 dengan asumsi tegangan rata-rata 0,9 dan tebal selimut beton 20mm.

4.3.1.1. Perhitungan Portal B5-B6

1. Tebal pelat dan profil tendon

a. Tebal pelat

$$h \pm \frac{L}{45} = \frac{8000}{45} = 177 \text{ mm} \rightarrow \text{diambil tebal pelat } 180 \text{ mm}$$

b. Besarnya eksentrisitas

Selimut beton yang digunakan = 20 mm

Bentang luar,

$$x_v^2 = \left[\frac{e_{o_v} - e_{o_A}}{e_{o_v} - e_{o_B}} \right] (1 - x_v)^2 = \left[\frac{63,65 - 0,00}{63,65 - (-50,65)} \right] \times (6000 - x_v)^2$$

$$x_v = 2560 \text{ mm}$$

$$e_l = e_{o_v} + (e_{o_A} + e_{o_B}) x_v / l$$

$$e_l = 63,65 + 50,95 \times \frac{2560}{6000} = 85,39 \text{ mm} \rightarrow 0,08593 \text{ m}$$

Bentang dalam,

$$e_2 = 180 - (2 \times 20) - (2 \times 0,5 \times 12,7) - 12,7 = 1146 \text{ mm} \rightarrow 0,1146 \text{ m}$$

2. Pembebanan

a. Beban mati (W_D)

$$1) \text{ Berat pelat } 0,18 \times 24 = 4,32 \text{ KN/m}^2$$

$$2) \text{ Berat penutup lantai} = 1,2 \text{ KN/m}^2$$

$$\underline{5,52 \text{ KN/m}^2}$$

b. Beban hidup (W_L)

$$= 2,5 \text{ KN/m}^2$$

c. W total

$$= 8,02 \text{ KN/m}^2$$

3. Gaya prategang efektif

Asumsi tegangan rata-rata = 0,90MPa

Perkiraan awal gaya prategang,

$$P_e = 0,90 \times 180 = 162 \text{ KN/m}$$

$$P_o = \frac{P_e}{(1 - 20\%)} = \frac{162}{0,80} = 202,5 \text{ KN/m}$$

Dipakai tendon diameter 12,7 mm, $A_{ps} = 98,7 \text{ mm}^2$, $f_{pu} = 1863 \text{ MPa}$

(diameter 0,5 in, $A_{ps} = 0,153 \text{ in}^2$, $f_{pu} = 270 \text{ ksi}$, pada Lampiran L.II)

Jumlah tendon yang diperlukan.

$$n = \frac{P_o}{A_{ps} \cdot f_{ps}} = \frac{202,5 \times 8 \times 10^3}{98,7 \times 0,7 \times 1863} = 12,59 \rightarrow \text{dipakai 13 tendon}$$

Gaya prategang aktual :

$$P_o \text{ aktual} = \frac{13 \times 98,7 \times 0,90 \times 0,70 \times 1863}{8000} = 188,245 \text{ KN/m}$$

$$P_e \text{ aktual} = \frac{13 \times 98,7 \times 0,80 \times 0,7 \times 1863}{8000} = 167,329 \text{ KN/m}$$

Tegangan rata-rata aktual,

$$f_{pe} = \frac{P_{e \text{ aktual}}}{h} = \frac{167,329}{180} = 0,93 \text{ MPa}$$

4. Perimbangan beban (*load balancing*)

a. Batang luar,

$$W_{bal} = \frac{8P_e e_l}{l^2} = \frac{8 \times 167,329 \times 0,8539}{6^2} = 3,1082 \text{ KN/m}^2$$

$$W_{unb} = W_{tot} - W_{bal} = 8,02 - 3,1082 = 4,911 \text{ KN/m}^2$$

Sebagian beban mati yang belum diimbangi,

$$W_{D \text{ sisa}} = W_D - W_{bal} = 5,52 - 3,1082 = 2,411 \text{ KN/m}^2$$

b. Pada bentang dalam,

$$W_{bal} = \frac{8 \times 167,329 \times 0,1146}{6^2} = 4,261 \text{ KN/m}^2$$

$$W_{unb} = W_{tot} - W_{bal} = 8,02 - 4,261 = 3,759 \text{ KN/m}^2$$

Sebagian beban mati yang belum diimbangi,

$$W_{Dsis} = 5,52 - 4,261 = 1,259 \text{ KN/m}^2$$

5. Pendekatan portal ekivalen

a. Kekakuan dasar kolom untuk portal ekivalen,

$$\text{Inersia kolom} = \frac{500 \times 500^3}{12} = 5,21 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\text{Asumsi } \frac{E_{\text{kolom}}}{E_{\text{pelat}}} = 1$$

Kolom yang dihitung yaitu kolom atas dan bawah,

$$K_c = \frac{4EI}{L_n - 2h} = \frac{4 \times 1 \times 5,21 \times 10^9}{3000 - (2 \times 180)} \times 2 = 1,578 \times 10^7$$

b. Kekakuan torsi dari pelat dalam garis kolom,

Besar konstanta torsional,

$$C = \sum (1 - 0,63x/y) \frac{x^3 y}{3} = (1 - 0,63 \frac{180}{500}) \frac{180^3 \times 500}{3}$$

$$= 7,52 \times 10^8$$

$$K_t = \sum \frac{9E_c C}{L_2(1 - c_2/L_2)} = \frac{9 \times 1 \times 7,52 \times 10^8}{8000(1 - 500/8000)} \times 2 = 1,804 \times 10^6$$

c. Kekakuan kolom ekivalen,

$$\frac{1}{K_{\infty}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_t} = \frac{1}{1,578 \times 10^7} + \frac{1}{2,05 \times 10^6} = 1618726,77$$

d. Kekakuan slab,

$$\text{Inersia slab} = \frac{8000 \times 180^3}{12} = 3,88 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Nilai K_c sebelah kanan dan kiri kolom sama, karena kolom dan bentang sama.

$$K_s = \frac{4E_{cs}I_s}{L_n - C_1/2} = \frac{4 \times 1 \times 3,88 \times 10^9}{(6000 - 500/2)} = 2,70 \times 10^6$$

6. Kontrol tegangan beton

a. Tegangan ijin beton,

Saat transfer:

- serat tekan = $0,6.f'_{ci} = 0,6 \times 26,25 = 15,75$ MPa
- serat tarik = $0,25\sqrt{f'_{ci}} = 0,25 \times \sqrt{26,25} = 1,28$ MPa

Saat layan :

- serat tekan = $0,45.f'_c = 0,45 \times 35 = 15,75$ MPa
- serat tarik (M-) = $0,5 \sqrt{f'_c} = 0,50 \times \sqrt{35} = 2,96$ MPa
- serat tarik (M+) = $\sqrt{f'_c}/6 = \sqrt{35}/6 = 0,986$ MPa

b. Tegangan beton saat transfer

Dari lampiran 1 perhitungan mekanika dengan bantuan program SAP

90 didapatkan : MD_{sisa} maks = 7,22 KNm (Lampiran L.I.2)

$$M_{maks} \text{ muka kolom} = 7,22 - \frac{(2,411 \times 0,5 \times 6 \times 0,5)}{3} = 6,0141 \text{KNm}$$

$$\text{Modulus penampang} = \frac{1000 \times 180^2}{6} = 5,4 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Tegangan yang terjadi,

$$f_b = -\frac{P_o l}{A} - \frac{M_{Dsisia}}{S}$$

$$= -\frac{188,245 \times 8000}{8000 \times 180} - \frac{6,0141 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = -2,159 \text{MPa} \leq 15,75 \text{MPa Aman!}$$

$$f_t = \frac{P_o l}{A} + \frac{M_{Dsisia}}{S}$$

$$= -\frac{188,245 \times 8000}{8000 \times 180} + \frac{6,0141 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = -0,0679 \text{MPa} \leq 1,28 \text{MPa Aman!}$$

c. Tegangan beton saat layan,

Dari Lampiran L.I.2 perhitungan mekanika dengan menggunakan bantuan program SAP 90 didapatkan M_{unb} maks tumpuan = 15,22 KNm

$$M_{maks} \text{ muka kolom} = 15,22 - \frac{(4,911 \times 0,5 \times 6 \times 0,5)}{3} = 12,764 \text{KNm}$$

Tegangan yang terjadi,

$$f_b = \frac{P_e \cdot l}{A} - \frac{M_{unb}}{S}$$

$$= -\frac{167,329 \times 8000}{8000 \times 180} - \frac{12,764 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = -3,293 \text{MPa} \leq 15,75 \text{MPa Aman!}$$

$$f_t = \frac{P_e \cdot l}{A} + \frac{M_{unb}}{S}$$

$$= -\frac{167,329 \times 8000}{8000 \times 180} + \frac{12,764 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = 1,434 \text{MPa} \leq 2,96 \text{MPa Aman!}$$

M_{unb} maks lapangan = 5,28 KNm (lampiran perhitungan SAP90)

Tegangan yang terjadi,

$$f_b = \frac{P_e \cdot l}{A} - \frac{M_{unb}}{S}$$

$$= \frac{167,329 \times 8000}{8000 \times 180} - \frac{5,28 \times 10^6}{5,4 \times 10^6} = -0,929 \text{MPa} \leq 0,986 \text{MPa Aman!}$$

7. Tulangan lekatan minimum

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = 0,00075 \cdot h \cdot l = 0,00075 \times 180 \times 6000 = 810,00 \text{mm}^2$$

Dipakai tulangan non prategang, D12, $A_s = 0,25 \times 3,14 \times 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan,

$$n = \frac{810,00}{113,04} = 7,166 \text{ dipakai 8 tulangan}$$

Distribusi tulangan = $1,5h \times 2 \times \text{lebar kolom} = 1,5 \times 180 \times 2 \times 500 = 1040,00 \text{ mm}$

Dipakai panjang tulangan 2500 mm dan jarak antar tulangan 130 mm

8. Kontrol momen kapasitas penampang

a. Perhitungan momen rencana,

- Momen balanced load

$$\text{Untuk } W_{bal} \text{ bentang luar} = 3,1082 \text{ KN}$$

$$\text{Untuk } W_{bal} \text{ bentang dalam} = 4,911 \text{ KN}$$

Momen primer kolom luar,

$$M_p = P_e \text{ aktual} \times e = 167,329 \times 0 = 0$$

Kemudian dengan perhitungan mekanika dari sap 90 didapatkan

$$M_{bal} = 7,95 \text{ KNm}$$

$$M_s = M_{bal} - M_p = 7,95 - 0 = 7,95 \text{ KNm}$$

Untuk kolom lainnya akan disajikan dalam Tabel 4.1

- Momen beban terfaktor

$$W_{ult} = (1,2 \times WD) + (1,6 \times WL)$$

$$W_{ult} = (1,2 \times 5,52) + (1,6 \times 2,5) = 10,65 \text{ KN}$$

Kemudian dengan perhitungan mekanika dari sap 90 didapatkan

$$M_{ter} = 49,6 \text{ KNm}$$

$$\text{Gaya geser} = 41,22 \text{ KN}$$

-Momen rencana akhir

Pada kolom luar,

Momen rencana pada kolom,

$$= M_u \text{ beban terfaktor} + M_s = -49,6 + 7,95 = -41,65 \text{ KNm}$$

$$M_{maks} \text{ rencana akhir} = -41,65 + \frac{(41,22 \times 0,5)}{3} = -34,78 \text{ KNm}$$

-Momen positif maksimum

$$W_{ter} = (1,2 \times WD) + (1,6 \times WL)$$

$$= (1,2 \times 5,52) + (1,6 \times 2,5) = 10,624 \text{ KN/m}$$

$$M_{ult} = 1/8 \times 10,624 \times 6^2 = 47,808 \text{ KNm}$$

$$M_s = 10,45 - 8,533 = 1,91 \text{ KNm}$$

$$\text{Momen positif maksimum} = M_{ult} - M_{ter} + M_s$$

$$= 47,808 - 34,01 + 1,91 = 15,708 \text{ KNm}$$

Untuk momen rencana akhir lainnya akan disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Momen rencana akhir

MOMEN RENCANA PORTAL B5-B6 ($f_{pc}=0,9\text{Mpa}$)						
JOINT	B5	B6	B6	B6	B6	B5
M balanced (KNm)	7,95	10,45	12,57	12,57	10,45	7,95
e (m)	0,000	0,051	0,051	0,051	0,051	0,000
P_c (KNm)	167,329	167,329	167,329	167,329	167,329	167,329
Momen Primer (KNm)	0,000	8,525	8,525	8,525	8,525	0,000
M_s (KNm)	7,95	1,91	4,04	4,04	1,91	7,95
Momen beban terfaktor (KNm)	-26,87	-34,01	-32,07	-32,07	-34,01	-26,87
Momen rencana kolom (KNm)	-18,92	-41,922	-37,87	-37,87	-41,922	-18,92
Beban ultimit (KN/m^2)	10,624	10,624	10,624	10,624	10,624	10,624
Panjang bentang (m)	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Gaya geser (KN)	30,68	33,06	31,87	31,87	33,06	30,68
Reduksi momen ke muka kolom (KNm)	5,11	5,51	5,311	5,311	5,51	5,11
Momen rencana akhir (KNm)	-13,81	-26,575	-22,713	-22,713	-26,575	-13,81
Momen positif maksimum (KNm)		15,708		19,78		15,708

b. Momen kapasitas rencana tumpuan

$$M_u = 26,575 \text{ KNm (dari Tabel 4.1)}$$

$$d = h - p_b - 0,5\Phi = 180 - 20 - (0,5 \times 12,7) = 153,65 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{n \cdot A_{ps}}{l_d} = \frac{13 \times 98,7}{8000 \times 153,65} = 0,001043$$

$$f_{se} = \frac{P_e \cdot l}{n \cdot A_{ps}} = \frac{167,329 \times 1000 \times 8}{13 \times 98,7} = 1043,28 \text{ MPa}$$

$$f_{ps} = f_{sc} + 70 + \frac{f'_c}{100\rho} = 1043,28 + 70 + \frac{35}{(100 \times 0.001043)} = 1448,5773 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{13 \times 98,7 \times 1448,577 + 8 \times 113,03 \times 240}{0,85 \times 35 \times 8000} = 8,72 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= (13 \times 98,7 \times 1448,577 + 8 \times 113,03 \times 240) \times \left(153,65 - \frac{8,572}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 309,88 \text{ KNm}$$

$$M_u = \frac{M_u}{0,8} = \frac{26,575}{0,8} = 303,219 \text{ KNm} \leq M_n \text{ Aman!}$$

c. Momen kapasitas rencana tengah bentang

$$M_u = 19,782 \text{ KNm (dari Tabel 4.1)}$$

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{13 \times 98,7 \times 1448,577}{0,85 \times 35 \times 8000} = 7,809 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 13 \times 98,7 \times 1448,577 \times \left(153,65 - \frac{7,809}{2} \right) \times 10^{-6} = 278,326 \text{ KNm}$$

$$M_u = \frac{M_u}{0,8} = \frac{17,782}{0,8} = 24,728 \text{ KNm} \leq M_n \text{ Aman!}$$

9. Distribusi tendon

a. jumlah tendon jalur kolom

$$n \text{ kolom} = 0,70 \times 13 = 9,1 \quad \text{dipakai 9 tendon}$$

$$\text{jarak tendon, } s = \frac{\text{jalur kolom}}{n} = \frac{3000}{9} = 333,33 \text{ mm}$$

b. jumlah tendon jalur tengah

$$n \text{ tengah} = 13 - 9 = 4 \text{ tendon}$$

$$\text{Jarak tendon, } s = \frac{5000}{4} = 1250 \text{ mm}$$

10. Kontrol transfer momen lentur

a. Kapasitas penampang terhadap momen transfer pada tumpuan luar

$$M_t \text{ maks} = 13,8067 \text{ KNm (dari Tabel 4.1)}$$

Lebar efektif 1040,00 mm

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(c_1 + d)/(c_2 + d)}} = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(500 + 90)/(500 + 90)}} \\ = 0,609$$

Pada lebar efektif ditempatkan 2 buah tendon

$$\rho = \frac{n A_s}{I_c d} = \frac{2 \times 98,7}{(1040 \times 90)} = 0,00211$$

$$f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \rho} = 1043,28 + 70 + \frac{35}{(100 \times 0,00211)} = 1279,237 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{(A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s)}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{(2 \times 98,7 \times 1279,237) + (8 \times 113,65 \times 240)}{(0,85 \times 35 \times 1040)} = 15,176 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= (2 \times 98,7 \times 1279,237 + 8 \times 113,04 \times 240) \times \left(90 - \frac{15,176}{2} \right) = 38,697 \text{ KNm}$$

$$M_u = \frac{\gamma_f \cdot M_t}{0,8} = \frac{0,609 \times 13,8067}{0,8} = 10,355 \text{ KNm} \leq M_u \text{ Aman!}$$

b. Kapasitas penampang terhadap momen transfer tumpuan dalam

$$M_t \text{ maksimum} = (25,919 - 22,0579) = 3,861 \text{ KNm (dari Tabel 4.1)}$$

Lebar efektif 1040,00 mm

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(c_1 + d)/(c_2 + d)}} = \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{(500 + 140,95)/(500 + 140,95)}} \\ = 0,600$$

$$\rho = \frac{n \cdot A_s}{I_c \cdot d} = \frac{2 \times 98,7}{(1040 \times 153,65)} = 0,001235$$

$$f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \rho} = 1043,28 + 70 + \frac{35}{(100 \times 0,001235)} = 1396,61 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{(A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s)}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{(2 \times 98,7 \times 1396,606) + (8 \times 113,04 \times 240)}{(0,85 \times 35 \times 1040)} = 15,1764 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ = (2 \times 98,7 \times 1373,188 + 8 \times 113,04 \times 240) \times \left(123,65 - \frac{15,1764}{2} \right) = 71,968 \text{ KNm}$$

$$M_u = \frac{\gamma_f \cdot M_t}{0,8} = \frac{0,600 \times 3,86167}{0,8} = 2,8962 \text{ KNm} \leq M_u \text{ Aman!}$$

11. Kontrol kapasitas geser

a. Geser kolom pinggir

$$\text{Koefisien geser pinggir, } \gamma_v = 1 - \gamma_f = 1 - 0,609 = 0,391$$

$$V_u = 30,68 \times 1000 \times 8 = 245440 \text{ N (dari Tabel 4.1)}$$

$$M_t \text{ maks} = 13,8067 \times 8 = 110,4536 = 110453600 \text{ Nmm (dari Tabel 4.1)}$$

$$d = h/2 = 180/2 = 90\text{mm}$$

$$d = 0,8.h = 0,8 \times 180 = 144\text{mm (diambil yang terbesar)}$$

$$\begin{aligned} b_o &= 2.(c_1 + d/2) + 2.(c_2 + d) = 2(500 + 144/2) + 2(500+144) \\ &= 2432,00\text{mm} \end{aligned}$$

$$A_c = b_o.d = 2432,00 \times 144 = 350208 \text{ mm}^2$$

$$C_{AB} = \frac{(c_1 + d/2)^2 . d}{A_c} = \frac{(500 + 144/2)^2 \times 144}{350208} = 134,53\text{mm}$$

$$C_{CD} = (c_1 - d/2) - C_{AB} = (500 - 144/2) - 134,53 = 293,467 \text{ mm}$$

$$g = C_{CD} - c_1/2 = 362,011 - 500/2 = 112,011\text{mm}$$

$$\begin{aligned} J_c &= \frac{(c_1 + d/2).d^3}{6} + \frac{2d}{3}(C_{AB}^3 + C_{CD}^3) + (c_2 + d).d.(C_{AB}^2) \\ &= \frac{(500 + 144/2)^2 \times 144}{6} + \frac{(2 \times 144)}{3}(134,53^3 + 293,467^3) \\ &\quad + (500 + 144) \times 144 \times 134,53^2 = 4,34637 \times 10^9 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{uAB} &= \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v(M_t - V_u.g).C_{AB}}{J_c} \\ &= \frac{329760}{350208} + \frac{0,391 \times \{11045360 - (245440 \times 43,467)\} \times 134,53}{4,34 \times 10^9} \\ &= 0,899 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{uCD} &= \frac{V_u}{A_c} - \frac{\gamma_v(M_t - V_u.g).C_{CD}}{J_c} \\ &= \frac{329760}{350208} - \frac{0,391 \times \{110453600 - (245440 \times 43,467)\} \times 293,467}{4,34 \times 10^9} \\ &= -0,95 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kapasitas geser batas beton,

Komponen vertikal gaya prategang efektif (V_p) hanya sedikit sekali menyumbangkan kekuatan geser. Oleh karena itu untuk lebih menjamin keamanan V_p diambil sama dengan nol.

$$\phi V_c = 0,6(0,3\sqrt{f'_c} + 0,3f_{pc} + \frac{V_p}{b_o \cdot d}) = 0,6(0,3\sqrt{35} + 0,3 \times 0,93 + 0)$$

$$= 1,232 \text{ MPa} \geq 0,899 \text{ MPa} \text{ Tidak perlu tulangan geser}$$

b. Geser kolom dalam

$$\text{Koefesien geser dalam, } \gamma_v = 1 - \gamma_f = 1 - 0,400 = 0,600$$

$$V_u = (33,06 + 31,872) \times 1000 \times 8 = 519440 \text{ N (dari Tabel 4.1)}$$

$$M_f \text{ maks} = (27,405 - 24,761) \times 8 \times 10^6 = 3088800 \text{ Nmm (dari Tabel 4.1)}$$

$$d = h - p_o - \frac{\phi}{2} - \phi = 180 - 20 - \frac{12,7}{2} - 12,7 = 140,95 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \cdot h = 0,8 \times 180 = 144 \text{ mm (diambil yang terbesar)}$$

$$b_o = 2 \cdot (c_1 + d) + 2 \cdot (c_2 + d) = 2(500 + 144) + 2(500 + 144) = 2576,00 \text{ mm}$$

$$A_c = b_o \cdot d = 2576,00 \times 144 = 370944,00 \text{ mm}^2$$

$$C_{AB} = C_{CD} = 0,5(c_1 + d) = 0,5(500 + 144) = 322 \text{ mm}$$

$$J_c = \frac{d(c_1 + d)^3}{6} + \frac{d^3(c_1 + d)}{6} + \frac{d(c_1 + d)(c_1 + d)^2}{2}$$

$$= \frac{144(500 + 144)^3}{6} + \frac{144^3(500 + 144)}{6} + \frac{144(500 + 144) \times (500 + 144)^2}{2}$$

$$= 2,596 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$v_{uAB} = \frac{V_u}{A_c} + \frac{\gamma_v \cdot M_t \cdot C_{AB}}{J_c}$$

$$= \frac{519440}{370944} + \frac{0,600 \times 30888000 \times 322}{2,596 \times 10^{10}} = 1,6365 \text{ MPa}$$

$$v_{uCD} = \frac{V_u}{A_c} - \frac{\gamma_v \cdot M_t \cdot C_{CD}}{J_c}$$

$$= \frac{519440}{370944} - \frac{0,600 \times 30888000 \times 322}{2,596 \times 10^{10}} = 1,329 \text{ MPa}$$

Kapasitas geser batas beton,

$$\phi V_c = 0,6(0,3\sqrt{f'_c} + 0,3f_{pc} + \frac{V_p}{b_o \cdot d}) = 0,6(0,3\sqrt{35} + 0,3 \times 0,93 + 0)$$

$$= 1,232 \text{ MPa} \geq 1,6365 \text{ MPa} \text{ Perlu tulangan geser}$$

Untuk perhitungan portal – portal ekuivalen lainnya pada disain struktur *flat plate* pada Gambar 4.33, dapat dilihat pada lampiran output hasil perhitungan program *visual basic 6* atau dengan mencoba program tersebut dengan variasi asumsi gaya prategang rata-rata untuk mendapatkan suatu hasil yang efektif.

Dari output hasil perhitungan program *visual basic 6* tersebut dapat ditentukan jumlah tendon yang efektif pada struktur *flat plate* beton prategang, asumsi tegangan rata-rata yang efektif pada tiap-tiap bentang juga dapat ditentukan sendiri-sendiri. Hasil perhitungan yang digunakan untuk disain disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan yang Digunakan dalam disain

	Portal B1-B2	Portal B3-B4	Portal B5-B6	Portal B7-B8
Asumsi tegangan rata-rata (MPa)	2	2,5	0,9	1,5
Jumlah tendon	21	13	13	10
Lebar jalur kolom (mm)	3000	1750	3000	1750
Jumlah tendon dipakai jalur kolom	15	9	9	7
Jarak tendon	200	195	333,333	250
Lebar jalur tengah (mm)	5000	2500	3000	1500
Jumlah tendon jalur tengah	6	4	4	3
Jarak tendon (mm)	833,33	625	750	500
V_u maks kolom tepi (MPa)	1,01985	1,1951	0,899	1,0019
V_u maks kolom tengah (MPa)	1,7117	1,747	1,636	1,59
ϕV_c (MPa)	1,425	1,2879	1,232	1,1936

Pada Tabel 4.2 didapatkan bahwa pada kolom tepi maupun kolom pojok tidak diperlukan penulangan geser karena V_u maks kolom $> \phi V_c$. Sehingga pada analisis penulangan geser berikutnya hanya dihitung penulangan geser untuk kolom tengah saja.

4.3.1.2. Perhitungan Tulangan Geser

Agar lebih mudah dalam pelaksanaan, perencanaan tulangan geser diseragamkan untuk kolom pojok, kolom tepi dan kolom tengah. Gaya geser yang digunakan dalam perhitungan diambil gaya geser maksimum, V_u maks pada masing-masing jenis kolom dari Tabel 4.2.

Perhitungan tulangan geser kolom tengah yaitu pada portal B5-B6.

$$b_o = 2432 \text{ mm}$$

$$d = 144 \text{ mm}$$

$$V_{u,\text{maks}} = 1,747 \text{ MPa} = 1,747 \times 2576 \times 144 = 648039,168 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 1,287 \text{ MPa} = 1,287 \times 2576 \times 144 = 445114,36 \text{ N}$$

Kuat geser nominal penampang maksimum apabila memakai tulangan geser, $\phi V_n = \phi (0,5\sqrt{f_c})$

$$= 0,6 (0,5 \sqrt{35}) = 1,775 \text{ MPa} \geq V_u \quad \text{tulangan geser dapat dipakai}$$

Kapasitas geser penampang beton apabila memakai tulangan geser,

$$\phi V_c = \phi \sqrt{f_c} / 6 \cdot b_o \cdot d = 0,6 \times (\sqrt{35}/6) \times 2432 \times 144 = 219453,43 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh tulangan geser,

$$V_s = V_u - \phi V_c = 648039,168 - 219453,43 = 428704,589 \text{ N}$$

Dipakai sengkang U ganda D12 dengan jarak antar sengkang 140mm,

$$A_{v \text{ perlu}} = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} = \frac{428704,589 \times 140}{240 \times 144} = 1736,65 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ perlu tiap sisi}} = \frac{1736,65}{3} = 578,881 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ ada}} = 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 12^2 = 452,16 \text{ mm}^2$$

Distribusi tulangan geser sengkang dalam daerah kritis b_o didasarkan pada kapasitas geser penampang beton maksimum,

$$V_u = (1/6)\sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d$$

Lebar sengkang 460 mm,

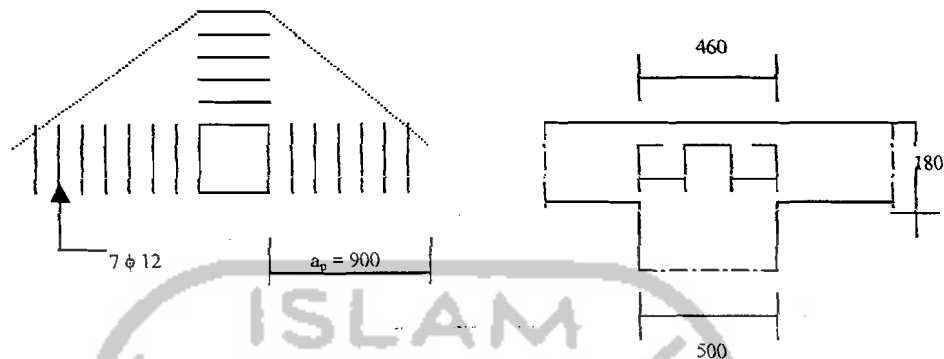
$$648039,168 = (1/6) \sqrt{f_c} (3c + 2a_p \sqrt{2}) \cdot d$$

$$a = \left(\frac{648039,168 \times 6}{\sqrt{35} \times 144} - 3 \times 500 \right) \times \frac{1}{2\sqrt{2}} = 1083,32 \text{ mm dipakai } 1100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah sengkang} = \frac{1100}{140} = 8,85 \sim \text{dipakai } 9 \text{ sengkang}$$

Penempatan tulangan geser untuk kolom tepi dapat dilihat pada Gambar

4.34.



Gambar 4.34. Penempatan tulangan geser

Pada analisis sebelumnya pada kolom tepi dan kolom pojok tidak diperlukan tulangan geser, sehingga tidak perlu dianalisis tulangan gesernya.

4.3.1.3. Perhitungan Lendutan

1. Arah portal B5-B6

$$M_t = 13,80666 \text{ KNm (Tabel 4.1)}$$

$$K_{cc} = 4,50008 \times 10^{10}$$

Inersia portal ekuivalen

$$I_{cs} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{8000 \times 180^3}{12} = 3,888 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Inersia jalur kolom

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{3000 \times 180^3}{12} = 1,458 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Inersia jalur tengah

$$I_s = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{5000 \times 180^3}{12} = 2,430 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Defleksi dasar

$$\delta' = \frac{W_{net} \cdot I^4}{384 \cdot E_c \cdot I_{cs}} = \frac{4,911 \times 10^{-3} \times 6000^4}{384 \times 27805,575 \times 3,888 \times 10^9} = 0,1328 \text{ mm}$$

Di distribusi untuk jalur kolom δ_c dan jalur tengah δ_s sesuai distribusi

$$\text{momen } \delta_c = \delta' \cdot 0,692 \frac{E_{cs} \cdot I_{cs}}{E_c \cdot I_c} = 0,1328 \times 0,692 \times \frac{3,888 \times 10^9}{1,458 \times 10^9} = 0,245 \text{ mm}$$

$$\delta_s = \delta' \cdot 0,308 \frac{E_{cs} \cdot I_{cs}}{E_c \cdot I_c} = 0,1328 \times 0,308 \times \frac{3,888 \times 10^9}{2,430 \times 10^9} = 0,0645 \text{ mm}$$

Rotasi yang terjadi

$$\theta_{2A} = \frac{M}{K_{cc}} = \frac{13,8067 \times 10^6 \times 8}{4,500869 \times 10^{10}} = 0,00245 \text{ rad}$$

$$\theta_{2B} = \frac{M}{K_{cc}} = \frac{3,86167 \times 10^6 \times 8}{4,500869 \times 10^{10}} = 0,000686 \text{ rad}$$

$$\theta'' = \frac{\theta}{8} = \frac{(0,000631 + 0,000419) \times 6000}{8} = 1,050 \text{ mm}$$

Defleksi jalur kolom

$$\delta_{cy} = \delta_c + \delta'' = 0,245 + 1,050 = 2,600411 \text{ mm}$$

Defleksi jalur tengah

$$\delta_{sy} = \delta_s + \delta'' = 0,0645 + 1,050 = 2,42077 \text{ mm}$$

2. Arah portal B1-B2

$$M_t = 27,2575 \text{ KNm (Tabel 4.1)}$$

$$K_{cc} = 2,212 \times 10^6 \times E_c$$

Inersia portal ekivalen

$$I_{cs} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{6000 \times 180^3}{12} = 2,916 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Inersia jalur kolom

$$I_c = \frac{b.h^3}{12} = \frac{3000 \times 180^3}{12} = 1,458 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Inersia jalur tengah

$$I_s = \frac{b.h^3}{12} = \frac{3000 \times 180^3}{12} = 1,458 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Defleksi dasar

$$\delta' = \frac{W_{net} \cdot l^4}{384 \cdot E_c \cdot I_{cs}} = \frac{4,25 \times 10^{-3} \times 8000^4}{384 \times 27805,575 \times 2,916 \times 10^9} = 0,375 \text{ mm}$$

Di distribusi untuk jalur kolom δ_c dan jalur tengah δ_s sesuai distribusi

momen

$$\delta_c = \delta' \cdot 0,714 \frac{E_{cs} \cdot I_{cs}}{E_c \cdot I_c} = 0,375 \times 0,714 \times \frac{2,916 \times 10^9}{1,458 \times 10^9} = 0,50144 \text{ mm}$$

$$\delta_s = \delta' \cdot 0,286 \frac{E_{cs} \cdot I_{cs}}{E_c \cdot I_c} = 0,375 \times 0,286 \times \frac{2,916 \times 10^9}{2,430 \times 10^9} = 0,237 \text{ mm}$$

Rotasi yang terjadi

$$\theta_{2A} = \frac{M}{K_{cc}} = \frac{16,831 \times 10^6 \times 6}{2,496 \times 10^6 \times 27805,575} = 0,00276 \text{ rad}$$

$$\theta_{2B} = \frac{M}{K_{cc}} = \frac{7,796 \times 10^6 \times 6}{2,469 \times 10^6 \times 27805,575} = 0,000796 \text{ rad}$$

$$\theta'' = \frac{\theta_1}{8} = \frac{(0,00276 + 0,000796) \times 8000}{8} = 3,556 \text{ mm}$$

Defleksi jalur kolom

$$\delta_{cy} = \delta_c + \delta'' = 0,50144 + 3,556 = 4,0616 \text{ mm}$$

Defleksi jalur tengah

$$\delta_{sy} = \delta_s + \delta'' = 0,237 + 3,556 = 3,797 \text{ mm}$$

3. Total defleksi

$$\Delta = \delta_{sx} + \delta_{cy} = \delta_{sy} + \delta_{cx}$$

$$\Delta_{tot} = \frac{(\Delta_{(2A-2B)} + \Delta_{(B1-B2)})}{2} = \frac{(3,767 + 2,6) + (2,4277 + 4,0616)}{2}$$

$$= 6,44 \text{ mm}$$

4. Lendutan Jangka Panjang

Arah B5 - B6

$$W_{sust} = (W_{unb} - WL) + 0,65 WL$$

$$= (4,911 - 2,5) + 0,65 \times 2,5 = 3,379 \text{ KN/m}$$

$$\Delta_{long-t} = \frac{W_{sust}}{W_{unb}} \times \Delta_{tot} \times \text{Faktor Creep} = \frac{3,379}{4,911} \times \frac{(3,767 - 2,600)}{2} \times 2$$

$$= 5,0822 \text{ mm}$$

Arah B1-B2

$$W_{sust} = (W_{unb} - WL) + 0,65 WL$$

$$= (4,25 - 2,5) + 0,65 \times 2,5 = 3,25 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{long-t}} &= \frac{W_{\text{sust}}}{W_{\text{imb}}} \times \Delta_{\text{tot}} \times \text{FaktorCreep} = \frac{3,25}{4,25} \times \frac{(2,4277 + 4,0616)}{2} \times 2 \\ &= 4,96 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Kedua arah} = 5,0822 + 4,96 = 10,044 \text{ mm}$$

Defleksi total setelah jangka panjang,

$$\Delta_{\text{tot-long-t}} = 10,044 + 6,44 = 16,484 \text{ mm}$$

Defleksi batas

$$\Delta = \frac{1}{240} = \frac{6000}{240} = 25 \text{ mm} \geq 16,484 \text{ mm} \dots \text{Aman}$$

4.3.1.4. Perencanaan Daerah Ujung (*End Block*)

1. Perhitungan momen dan tegangan *endblock*

Diambil tinjauan $b = 200 \text{ mm}$

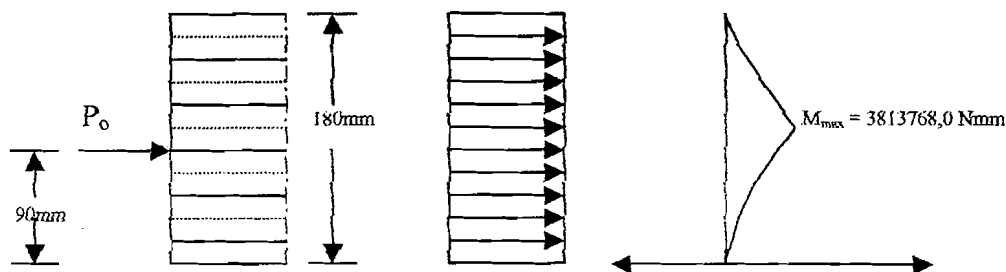
Siar tegangan $h/9 = 20 \text{ mm}$

$$A_c = b \cdot h = 200 \times 180 = 3,6 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{200 \times 180^3}{12} = 9,72 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$P_o \text{ per tendon} = \frac{P_o \cdot l}{n} = \frac{407,596 \times 8 \times 1000}{19} = 171919,56 \text{ N}$$

Tegangan dan momen yang terjadi akibat penegangan pada daerah ujung diperlihatkan pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35. Diagram Tegangan dan Momen di Daerah Ujung

1. Perhitungan tulangan *endblock*

a. Perhitungan tulangan

$$M_{maks} = 3813768,00 \text{ Nmm}$$

Asumsi tegangan tarik pada jarak x dari permukaan ujung,

$$x = \frac{h}{4} = \frac{180}{4} = 45 \text{ mm}$$

$$T = \frac{M_{maks}}{(h-x)} = \frac{3813768,00}{(180-45)} = 28250,133 \text{ N}$$

Kebutuhan sengkang ujung,

$$A_s = \frac{T}{f_y} = \frac{28250,133}{240} = 117,709 \text{ mm}^2$$

$$A_s \phi 12 \text{ mm} = 2 \cdot (0,25 \times 3,14 \times 12^2) = 226,080 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan,

$$n = \frac{A_s}{A_s \phi 12} = \frac{117,709}{226,080} = 0,5206 \text{ dipakai } 2 \text{ buah sengkang tertutup}$$

Didistribusikan pada jarak $h/2 = 90 \text{ mm}$

b. Penentuan luasan pelat angkur

Tendon yang digunakan dari jenis *Inryco CONA* tipe CM, dengan luas pelat angkur 114,3 mm x 57,2 mm. (lampiran L.V)

Diambil $A_2/A_1 = 2,0$

$$A_1 \text{ dipakai } (114,3 \times 57,20) \text{ mm}^2 = 17967,960 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 2,0 A_1 = 2,0 \times 17967,960 = 26053,543 \text{ mm}^2 \text{ (200 x 130) mm}^2$$

Kontrol tegangan blok ujung saat transfer

$$\begin{aligned} f_b &= 0,8 f'_c \sqrt{\left\{ \left(A_2 / A_1 \right) - 0,2 \right\}} \\ &= 0,8 \times 35 \sqrt{\left\{ \left(26053,543 / 17967,960 \right) - 0,2 \right\}} \\ &= 31,305 \text{ MPa} \leq 1,25 f_{ci} = 32,813 \text{ MPa Aman!} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan blok ujung saat layan

$$\begin{aligned} f_b &= 0,6 f'_c \sqrt{\left(A_2 / A_1 \right)} \\ &= 0,6 \times 35 \sqrt{\left(26053,543 / 17967,960 \right)} = 25,287 \text{ MPa} \leq f'_c = 35 \text{ MPa Aman!} \end{aligned}$$

4.3.2. Perhitungan dalam bentuk output program

Perhitungan analisis dan disain perencanaan hanya untuk portal B5-B6 seperti pada perhitungan manual yang telah dijabarkan. Analisis bentang maksimum terhadap kontrol tegangan ijin untuk flat plate beton prategang dilakukan dengan variasi bentang 7x6, 8x6, 8x7, 8x8, 8x9 akan disajikan dalam tabel, untuk output program dapat dilihat dalam lampiran L.I. Sedangkan untuk portal lainnya beserta dapat diperoleh dengan menjalankan program aplikasi desain *flat plate* beton prategang ini

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Disain Flate Plate Bentang 8m x 6m

	Perhitungan Manual	Perhitungan Flate Plate 2001'
Tegangan rata-rata		
Lebar portal (mm)	6000	6000
Panjang portal (mm)	8000	8000
Eksentrisitas		
e bentang ujung (mm)	85,39	85,39
e bentang dalam (mm)	114,6	114,6
Gaya Prategang		
Pe awal (KN/m)	162	162
Po awal (KN/m)	202,5	202,5
jumlah tendon	12,59	12,59
dipakai tendon	13	13
Po aktual (KN/m)	188.245	188.245
Pe aktual (KN/m)	167.329	167.329
fpc (MPa)	0,93	0,929
Perimbangan beban		
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3.108	3.108
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4.911	491.176
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	4.261	4.261
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	3.759	3.758
WDsisal bentang luar (KN/m ²)	2.411	2.412
WDsisal bentang dalam (KN/m ²)	1.259	1.258
Kontrol Tegangan beton		
Saat transfer		
Mmaks (KNm) dari SAP	7,22	7,22
Mmaks muka kolom (KNm)	6.014	6.014
IS (mm ²)	3888000000	3888000000
fb (MPa)	kontrol -2,159<15,75aman	kontrol -2,159<15,76aman
ft (MPa)	kontrol 0,067<1,28aman	kontrol -0,068<1,28aman
Saat layan		
Mmaks unb(KNm) dari SAP	15,22	15,22
Mmaks muka kolom (KNm)	12.764	12.764
fb (MPa)	kontrol -3,293<15,75aman	kontrol -3,293<15,75aman
ft (MPa)	kontrol 1,434<2,96aman	kontrol 1,434<2,96aman
Mmaks lapangan (KNm)	5,28	5,28
ft (MPa)	kontrol -0,929<0,986aman	kontrol -0,929<0,986aman
Tulangan Lekatan Minimum		
Luas tulangan As (mm ²)	810	810
Jumlah tulangan	7.166	71.656
Dipakai tulangan	8	8
Kapasitas Rencana Timpuan		
Momen Negatif		
Mu (KNm) dari SAP	26.575	26.575
d (mm)	153,65	153,65
ρ	$1,044 \times 10^{-3}$	$1,043 \times 10^{-4}$
fse (MPa)	1043,28	1043,28

Tabel 4.3. Lanjutan

fps (MPa)	1.448.577	1.448.577
a (mm)	8,72	8.721
Mn (KNm)	309,88	309.880
Mu/0,8 (KNm)	33.219	33.219
Momen Positif		
Mu (KNm) dari SAP	19.782	19.782
a (mm)	7.809	7.809
Mn (KNm)	278.326	278.326
Mu/0,8 (KNm)	24.728	24.728
Transfer Momen Lentur		
Bentang ujung		
Mt (KNm) dari SAP	13.806	13.806
Lebar efektif (mm)	1.040	1.040
γ_f	0,609	0,6
ρ	0,002	0,002
fps (MPa)	1.279.237	1.279.237
a (mm)	15.176	15.176
Mn (KNm)	38.697	38.697
$(Mu \cdot \gamma_f) / 0,8 (KNm)$	10.355	10.355
Bentang dalam		
Mt (KNm) dari SAP	3.861	3.861
Lebar efektif (mm)	1.040	1.040
γ_f	0,6	0,6
ρ	$1,235 \times 10^{-3}$	$1,235 \times 10^{-4}$
fps (MPa)	1396,61	1396,62
a (mm)	15.176	15.176
Mn (KNm)	71.968	71.968
$(Mu \cdot \gamma_f) / 0,8 (KNm)$	2.896	2.896
Kapasitas Geser		
Geser kolom tepi		
Vu (N) dari SAP	30,68	30,68
Mt (Nmm) dari SAP	13.807	13.807
d (mm)	144	144
bo (mm)	2432	2432
Ac (mm ²)	350208	350208
Cab (mm)	134,53	134.532
Ccd (mm)	293.467	293.467
g (mm)	112.011	112.011
Jc (mm ⁴)	$4,346 \times 10^9$	$4,346 \times 10^9$
Vu ab (MPa)	0,899	0,899
Vu cd (MPa)	-0,95	-0,95
0,6 Vc (MPa)	1.232	1.232
Geser kolom tengah		
Vu (N) dari SAP	64,93	64,93
Mt (Nmm) dari SAP	3.861	3.861
d (mm)	144	144
bo (mm)	2576	2576

Tabel 4.3. Lanjutan

Ac (mm ²)	370944	370944
Cab (mm)	322	322
Ccd (mm)	322	322
Jc (mm ⁴)	2,596x10 ¹⁰	2,596x10 ¹⁰
Vu ab (MPa)	1.636	1.636
Vu cd (MPa)	1.329	1.329
0,6 Vc (MPa)	1.232	1.232
Perhitungan tul geser		
Kolom tengah		
Vu maks (MPa)	1.747	1.747
Vu dipakai (N)	648039,168	648039,168
0,6Vn (MPa)	1.774	1.774
0,6Vc (N)	219453,43	219453,43
Vs (N)	428704,589	428704,589
diameter tul (mm)	12	12
jarak antar sengkang (mm)	140	140
lebar sengkang (mm)	460	460
As perlu (mm ²)	1736,650	1736,650
As perlu tiap sisi (mm ²)	578.883	578.883
Av ada (mm ²)	452,16	452,16
a (mm)	1083,32	1126,046
jumlah sengkang	9,04	9,04
Desain Flat Plate		
Asumsi teg rata-rata (MPa)	0,9	0,9
jumlah tendon	13	13
lebar jalur kolom (mm)	3.000	3.000
tendon dijalur kolom	9	9
jarak tendon jalur kolom (mm)	333,33	333,33
lebar jalur tengah (mm)	3.000	3.000
tendon dijalur tengah	4	4
jarak tendon jalur tengah	750	750
Vu maks kolom tepi (MPa)	0,899	0,899
Vu maks kolom luar (MPa)	1.636	1.636
Vc (MPa)	1.232	1.232
Analisa Lendutan		
portal arah melintang		
momen renc akhir ujung(KNm)	13.806	13.806
momen renc akhir tengah (KNm)	3.861	3.861
K ec	4,5008x10 ¹⁰	4,5008x10 ¹⁰
I portal ekivalen (mm ⁴)	3,88x10 ⁹	3,88x10 ⁹
I jalur kolom (mm ⁴)	1,458x10 ⁹	1,458x10 ⁹
I jalur tengah (mm ⁴)	2,430x10 ⁹	2,430x10 ⁹
defleksi dasar (mm)	0,1328	0,1328
untuk defleksi jalur kolom (mm)	0,245	0,245
untuk defleksi jalur tengah (mm)	0,0645	0,0645
rotasi ujung kanan (rad)	0,00245	0,00245
rotasi ujung kiri (rad)	0,0006863	0,0006863

Tabel 4.3. Lanjutan

defleksi jalur kolom (mm)	.2,6004	.2,6004
defleksi jalur tengah (mm)	.2,4207	.2,4207
portal arah memanjang		
momen renc akhir ujung(KNm)	.27,2575	.27,2575
momen renc akhir tengah (KNm)	7.851	7.851
K ec	2,212x10 ⁶	2,212x10 ⁶
I portal ekuivalen (mm ⁴)	2,916x10 ⁹	2,916x10 ⁹
I jalur kolom (mm ⁴)	1,458x10 ⁹	1,458x10 ⁹
I jalur tengah (mm ⁴)	1,458x10 ⁹	1,458x10 ⁹
defleksi dasar (mm)	0,375	0,375
untuk defleksi jalur kolom (mm)	.0,50144	.0,50144
untuk defleksi jalur tengah (mm)	0,237	0,237
rotasi ujung kanan (rad)	.0,00276	.0,00276
rotasi ujung kiri (rad)	.0,000796	.0,000796
defleksi jalur kolom (mm)	4.061	4.061
defleksi jalur tengah (mm)	3.797	3.797
total defleksi	6.440	6.440
Lendutan jangka panjang		
portal arah melintang		
Wsust (KN/m)	3.379	3.379
lendutan jangka panjang (mm)	5.082	5.082
portal arah memanjang		
Wsust (KN/m)	1.982	1.982
lendutan jangka panjang (mm)	4.497	4.497
defleksi total jangka panjang (mm)	16.019	16.019
defleksi batas (mm)	25	25

Output perhitungan dalam Tabel 4.3. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.2

Tabel 4.4 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 7m x 6m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	1,4	2,8	0,9	1,8
Lebar portal (mm)	6000	6000	6000	6000
Panjang portal (mm)	7000	7000	7000	7000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	13	13	10	10
Po aktual (KN/m)	390,43449	780,868998	165,49029	330,98058
Pe aktual (KN/m)	223	223,105428	147,10248	147,10248
fpc (MPa)	1,394408925	1,394408925	0,9193905	0,9193905
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,0447971798	3,0447971798	2,7325102896	2,7325102896
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,9752028202	4,9752028202	5,2874897104	5,2874897104
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	4,1743480896	4,1743480896	3,746209824	3,746209824
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	3,8456519104	3,8456519104	4,273790176	4,273790176
WDsisa bentang luar (KN/m ²)	2,4752028202	2,4752028202	2,7874897104	2,7874897104
WDsisa bentang dalam (KN/m ²)	1,3456519104	1,3456519104	1,773790176	1,773790176
Tegangan ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
fk _(M-) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
fk _(M+) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	10,13	10,13	8,44	8,44
MD maks muka kolom	8,89239859	8,89239859	7,046255145	7,046255145
modulus penampang (mm ³)	4266666,667	4266666,667	4266666,667	4266666,667
fb (MPa)	-4,524371538	-6,964587157	-2,685780362	-3,720094675
ft (MPa)	-0,356059699	-2,796275318	0,617517371	-0,417162575
kesimpulan	aman !	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	20,76	20,76	16,25	16,65
Munb maks lapangan (KNm)	10,78	10,78	8,4	8,4
M maks muka kolom (KNm)	18,27239859	18,27239859	13,60625514	14,00625514
fb (MPa)	-5,677002345	-5,677002345	-4,10835655	-4,20210655
fk _(M-) (MPa)	2,88184495	2,88184495	2,269575549	2,36332555
fk _(M+) (MPa)	-3,920971425	-3,920971425	-2,8881405	-2,8881405
kesimpulan	aman !	aman!	aman!	aman!

Output perhitungan pada tabel 4.4. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.1

Tabel 4.5 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 8m x 6m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	2	2,2	0,9	1,5
Lebar portal (mm)	6000	6000	6000	6000
Panjang portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	21	13	13	10
Po aktual (KN/m)	901,00269	697,204463	188,2452049	241,34001
Pe aktual (KN/m)	360,401076	223,105428	167,329071	128,71467
fpc (MPa)	2,0022282	1,239476	0,9296060	0,7150015
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,7657	2,33117840	3,1082304544	2,3909465034
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,2542592571	5,6888271592	4,9117695456	5,6290534966
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	5,1627454137	3,195985256	4,261313575	3,277933596
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	2,8572545863	4,8240147439	3,758686325	4,742066404
WDsisa bentang luar (KN/m ²)	1,754259257	3,1888271592	2,4117695456	3,129053497
WDsisa bentang dalam (KN/m ²)	0,357254586	2,3240147439	1,258686325	2,242066404
Tegangan Ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft _(M₋) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
ft _(M₊) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	9,01	17,41	7,22	9,63
MD maks muka kolom	8,132870371	15,81558642	6,014152272	8,60547325
modulus penampang (mm ³)	5400000	5400000	5400000	5400000
fb (MPa)	-6,511657606	-6,802170425	-2,159531736	-2,93438397
ft (MPa)	-3,499483394	-0,944545825	6,791834883	0,15282834
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	23,06	21,48	15,22	17,64
Munb maks lapangan (KNm)	7,06	18,4	5,28	9,34
M maks muka kolom (KNm)	20,93287037	18,63558642	12,76411523	14,82547325
fb (MPa)	-5,878685676	-4,690509122	-3,293330992	-3,46053951
ft _(M₋) (MPa)	1,874229276	2,211559922	1,434110903	2,03037651
ft _(M₊) (MPa)	-3,309635607	-4,276511637	-1,907383728	-2,44471113
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!

Output perhitungan pada tabel 4.5. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.2.

Tabel 4.6 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 8m x 7m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	2	3,2	0,9	1,8
Lebar portal (mm)	7000	7000	7000	7000
Panjang portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	24	20	13	13
Po aktual (KN/m)	882,61488	1176,81984	188,2452049	376,49041
Pe aktual (KN/m)	353,045952	294,20496	167,329071	167,32907
fpc (MPa)	1,9613664	1,6344272	0,9296060	0,9296060
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,6888889096	3,0740740758	2,2835978849	2,2835978849
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,3311111090	4,9459259242	5,7364021151	5,7364021151
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	5,0573832524	4,214486052	3,130761067	3,130761067
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	2,9626167376	3,805513948	4,889238933	4,889238933
WDisisa bentang luar (KN/m ²)	1,831111109	2,4459259242	3,2364021151	3,2364021151
WDisisa bentang dalam (KN/m ²)	0,4626167376	1,305513948	2,389238933	2,389238933
Tegangan ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft _(M-) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
ft _(M+) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	9,44	13,03	13,54	13,54
MD maks muka kolom	8,371851853	11,60320988	11,65209876	11,65209876
modulus penampang (mm ³)	5400000	5400000	5400000	5400000
fb (MPa)	-6,453758936	-8,68663057	-3,203602761	-4,249409455
ft (MPa)	-3,353073064	-4,38914543	1,11198937	6,618268x10 ⁻²
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	23,54	27,13	24,31	24,31
Munb maks lapangan (KNm)	12,61	14,3	12,66	12,66
M maks muka kolom (KNm)	21,01351852	24,24487654	20,96376543	20,96376543
fb (MPa)	-5,852758719	-6,12426395	-4,811784734	-4,811784734
ft _(M-) (MPa)	1,93002591	2,855319953	2,952572834	2,952572834
ft _(M+) (MPa)	-4,296551585	-4,282620148	-3,274050394	-3,274050394
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!

Output perhitungan pada tabel 4.6. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.3.

Tabel 4.7 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 8m x 8m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	2	3,4	2	3,4
Lebar portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Panjang portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	28	24	28	24
Po aktual (KN/m)	901,00269	1312,889634	901,00269	1312,889634
Pe aktual (KN/m)	360,401076	308,915208	360,401076	308,915208
fpc (MPa)	2,0022282	1,7171956	2,0022282	1,7171956
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,7657	3,2277777959	3,7657	3,2277777959
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,2542592571	4,7922222041	4,2542592571	4,7922222041
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	5,1627454137	4,4252103546	5,1627454137	4,4252103546
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	2,8572545863	3,5947896454	2,8572545863	3,5947896454
WDsisa bentang luar (KN/m ²)	1,754259257	2,2922222041	1,754259257	2,2922222041
WDsisa bentang dalam (KN/m ²)	0,357254586	1,0947894540	0,357254586	1,0947894540
Tegangan ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
f _(M-) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
f _(M+) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	9,01	12,15	9,01	12,15
MD maks muka kolom	7,840493829	10,62185185	7,840493829	10,62185185
modulus penampang (mm ³)	5400000	5400000	5400000	5400000
fb (MPa)	-6,457513802	-9,260840902	-6,457513802	-9,260840902
ft (MPa)	-3,553627198	-5,326821698	-3,553627198	-5,326821698
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	23,06	26,22	23,06	26,22
Munb maks lapangan (KNm)	12,37	13,88	12,37	13,88
M maks muka kolom (KNm)	20,22382716	23,02518519	20,22382716	23,02518519
fb (MPa)	-5,747381378	-5,980118783	-5,747381378	-5,980118783
f _(M-) (MPa)	1,742924978	2,547727583	1,742924978	2,547727583
f _(M+) (MPa)	-4,292968941	-4,28656597	-4,292968941	-4,28656597
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!

Output perhitungan pada Tabel 4.7. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.4.

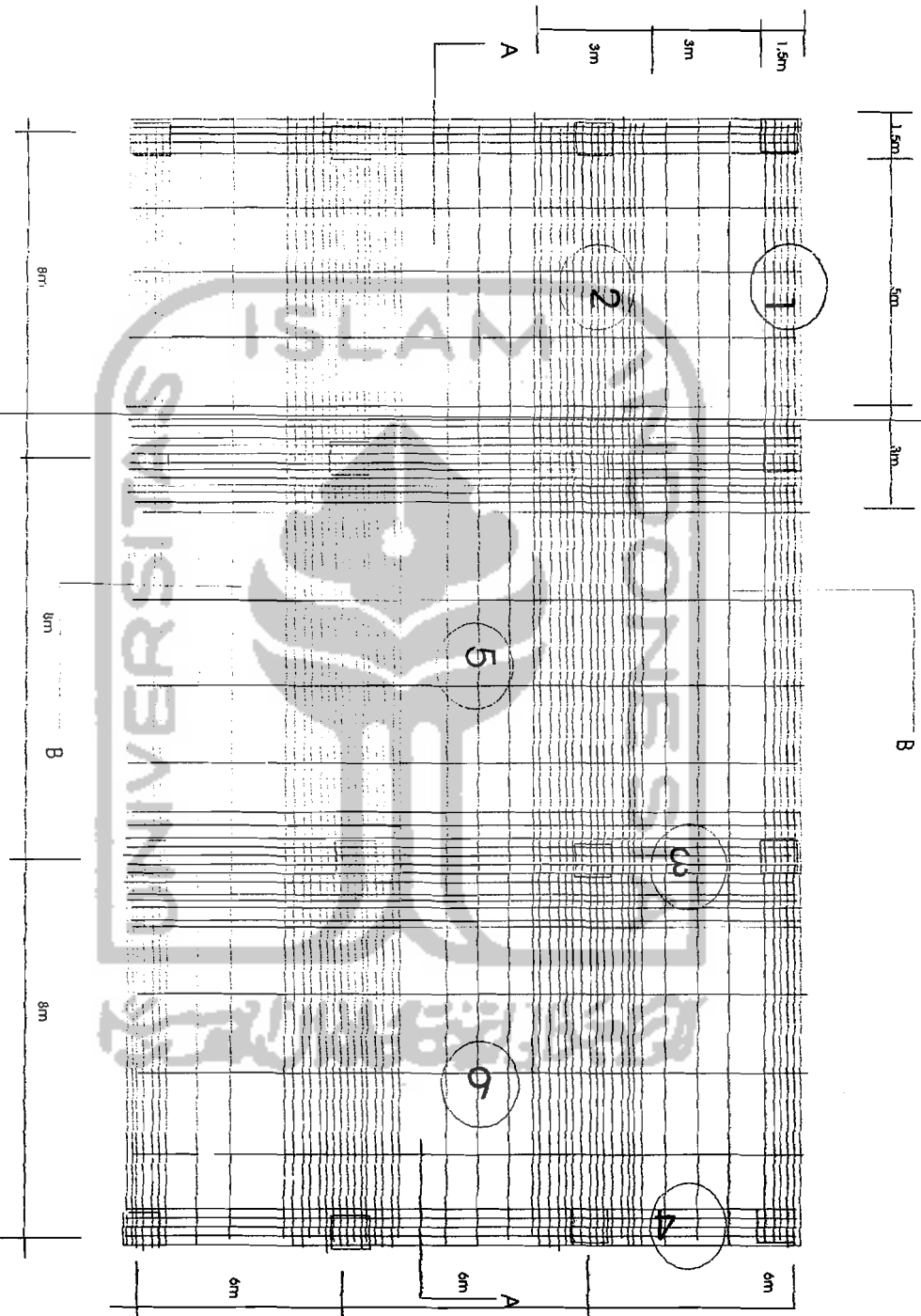
Tabel 4.8 Analisis tegangan flate plate dengan bentang 8m x 9m

	bentang B1-B2	bentang B3-B4	bentang B5-B6	bentang B7-B8
Tegangan rata-rata	2	3,5	2	3,5
Lebar portal (mm)	8000	8000	8000	8000
Panjang portal (mm)	9000	9000	9000	9000
Eksentrisitas				
e bentang ujung (mm)	0,0957	0,0957	0,08359	0,08359
e bentang dalam (mm)	0,1146	0,1146	0,1146	0,1146
Gaya Prategang				
jumlah tendon	31	27	35	31
Po aktual (KN/m)	997,5386925	1520,442039	1001,11410	1551,726855
Pe aktual (KN/m)	399,015477	347,529609	400,44564	354,680424
fpc (MPa)	1,995077385	1,737648045	2,0022282	1,77340212
Perimbangan beban				
Wbal bentang luar (KN/m ²)	3,2941929602	2,8691358041	4,1841563810	3,70596708
Wunb bentang luar (KN/m ²)	4,7258070398	5,1508641959	3,8358436191	4,31403292
Wbal bentang dalam (KN/m ²)	4,5162640656	3,9335203152	5,736383793	5,080797074
Wunb bentang dalam (KN/m ²)	3,5037359344	4,0864796848	2,283616207	2,939202926
WDsisa bentang luar (KN/m ²)	2,2258070398	2,6508641959	1,3358436191	1,81403292
WDsisa bentang dalam (KN/m ²)	1,0037359344	1,5864796848	0,216383793	0,439202926
Tegangan ijin beton				
Saat transfer				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft (MPa)	1,280868846	1,280868846	1,280868846	1,280868846
Saat layan				
fb (MPa)	15,75	15,75	15,75	15,75
ft _(M-) (MPa)	2,958039892	2,958039892	2,958039892	2,958039892
ft _(M+) (MPa)	0,986013297	0,986013297	0,986013297	0,986013297
Tegangan yang terjadi				
Saat transfer				
MD sisa maks (KNm)	14,83	18,08	6,73	9,24
MD maks muka kolom	13,34612864	16,3127572	5,839437587	8,03064472
modulus penampang (mm ³)	666666,6667	666666,6667	666666,6667	666666,6667
fb (MPa)	-6,989612759	-10,04912378	-5,881486138	-8,963230983
ft (MPa)	-2,985774166	-5,155296616	-4,129654862	-6,554037566
kesimpulan	aman!	aman!	aman!	aman!
Saat layan				
Munb maks tumpuan (KNm)	32,87	36,14	20,66	23,53
Munb maks lapangan (KNm)	17,79	19,34	11,54	12,9
M maks muka kolom (KNm)	29,71946197	32,70609054	18,10277092	20,65397805
fb (MPa)	-6,645299668	-6,643561625	-4,717643838	-4,871498828
ft _(M-) (MPa)	2,462841911	3,168265535	0,713187438	1,324694588
ft _(M+) (MPa)	-4,663577385	-4,638664805	0,713187438	-3,70840212
kesimpulan	aman!	tidak aman!	aman!	tidak aman!

Output perhitungan pada Tabel 4.8. ini dapat kita lihat pada lampiran L.I.5.

Tabel 4.9 Perhitungan lendutan dengan variasi penutup beton

Penutup beton	20mm		25mm		30mm		35mm		40mm	
	Portal 2a-2b	Portal b1-b2	Portal 2a-2b	Portal b1-b2	Portal 2a-2b	Portal b1-b2	Portal 2a-2b	Portal b1-b2	Portal 2a-2b	Portal b1-b2
lebar portal ekuivalen(mm)	8000	6000	8000	6000	8000	6000	8000	6000	8000	6000
lebar jalur kolom (mm)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
lebar jalur tengah(mm)	5000	3000	5000	3000	5000	3000	5000	3000	5000	3000
panjang portal (mm)	6000	8000	6000	8000	6000	8000	6000	8000	6000	8000
Mt tepi (KNm)	5,309	16,831	5,616	16,98	5,925	17,105	6,234	17,229	6,543	17,353
Mt tengah (KNm)	2,644	7,796	2,614	6,842	2,584	5,866	2,555	4,819	2,526	3,915
W bal (KN/m ²)	3,175	4,051	2,912	3,962	2,649	3,868	2,385	3,775	2,122	3,682
W unb (KN/m ²)	4,845	3,959	5,108	4,058	5,371	4,152	5,635	4,245	5,898	4,338
jumlah tendon	13	21	13	21	13	21	13	21	13	21
tendon jalur kolom	8	15	9	15	9	15	9	15	9	15
(ncol/ntot)	0,692	0,714	0,692	0,714	0,692	0,714	0,692	0,714	0,692	0,714
(nteng/ntot)	0,308	0,286	0,308	0,286	0,308	0,286	0,308	0,286	0,308	0,286
Faktor creep	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
K _{ec}	50494924165	68651964627	50494924165	68651964627	50494924165	68651964627	50494924165	68651964627	50494924165	68651964627
I pot ekiv (mm ⁴)	3888000000	2916000000	3888000000	2916000000	3888000000	2916000000	3888000000	2916000000	3888000000	2916000000
I jalur kolom (mm ⁴)	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000	1458000000
I jalur tengah (mm ⁴)	2430000000	1458000000	2430000000	1458000000	2430000000	1458000000	2430000000	1458000000	2430000000	1458000000
δ'' (mm)	1,210039	3,124688	1,275723	3,203345	1,341406	3,276954	1,40725	3,350562	14,473093	3,42417
δc(mm)	2,23392	4,46384	2,35518	4,57621	2,47644	4,68136	2,598	4,78652	2,71956	4,89167
δs(mm)	0,59571	1,78554	0,62805	1,83048	0,66038	1,87255	0,6928	1,91461	0,72521	1,95667
θ kolom tepi (rad/mm)	0,000631	0,001961	0,000667	0,001979	0,000704	0,001993	0,000741	0,002008	0,000777	0,002022
θ kolom tengah (rad/mm)	0,000419	0,000681	0,000414	0,000598	0,000409	0,000513	0,000405	0,000427	0,0004	0,000342
δ''' (mm)	1,05	1,962	1,081	1,933	1,113	1,879	1,145	1,826	1,178	1,773
δc tot(mm)	3,284	6,446	3,437	6,509	3,59	6,561	3,743	6,613	3,897	6,665
δs tot(mm)	1,645	3,767	1,71	3,763	1,774	3,752	1,838	3,741	1,903	3,73
Δ total dua arah (mm)	7,571		7,709		7,838		7,968		8,097	
lendutan jangka panjang										
W sust (KN/m ²)	3,97	3,084	4,233	3,183	4,496	3,277	4,76	3,37	5,023	3,463
δc long-t(mm)	5,778	6,303	5,966	6,446	6,146	6,578	6,322	6,709	6,496	6,94
δs tot long-t(mm)	12,08		12,413		12,724		13,031		13,335	
Δ jangka panjang (mm)	19,652		20,122		20,562		20,999		21,433	
Δ batas (mm)	25		25		25		25		25	



Gambar 4.36 Derah Penempatan Tendon Flat Plate Beton Prategang Bentang 8m x 6m

Keterangan Gambar 4.36 :

1 Jalur kolom arah memanjang bentang luar dipakai 9 tendon, dengan jarak tiap tendon 194,4444 mm

2 Jalur kolom arah memanjang bentang dalam dipakai 15 tendon, dengan jarak tiap tendon 200 mm

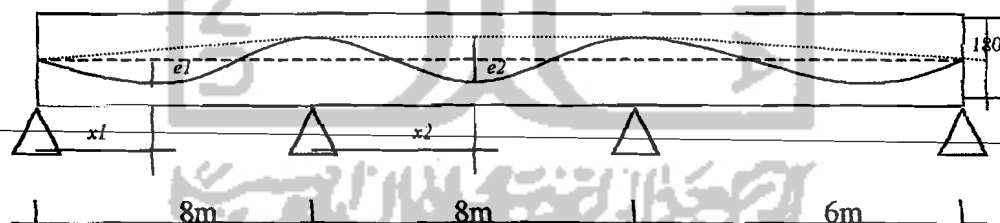
3 Jalur kolom arah melintang bentang dalam dipakai 9 tendon, dengan jarak tiap tendon 333,33 mm

4 Jalur kolom arah melintang bentang luar dipakai 7 tendon, dengan jarak tiap tendon 250 mm

5 Jalur tengah arah memanjang dipakai 6 tendon, dengan jarak tiap tendon 833,33 mm

6 Jalur tengah arah melintang dipakai 4 tendon, dengan jarak tiap tendon 750 mm

Pot A - A



e_1 : 0,0957 m

e_2 : 0,1146m

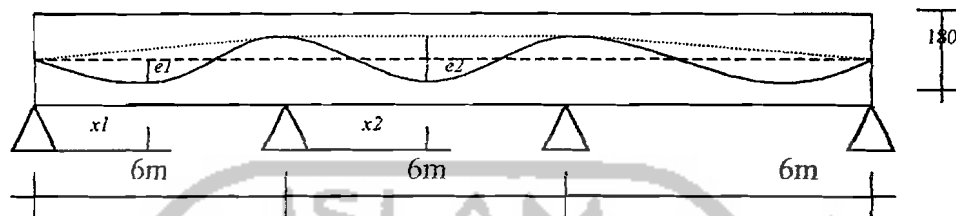
x_1 : 3,472 m

x_2 : 4 m

tebal selimut beton 20mm

diameter tendon 12,7 mm

Pot B - B



$e1$: 0,0839 m

$e2$: 0,1146 m

$X1$: 2,560 m

$X2$: 3 m

tebal selimut beton 20mm

diameter tendon 12,7 mm

Gambar 4.37 Profil Penempatan Tendon