

BAB IV

DESAIN BALOK TAMPANG I DAN T

4.1 Tinjauan Umum

Balok tampang I dan T dipakai sebagai model untuk mendesain, dikarenakan kedua tampang ini sangat memungkinkan hemat material. Pada perencanaan konstruksi beton bertulang biasa, tegangan-tegangan tarik diagonal membatasi pengurangan tebal badan, sedangkan dengan diperkenalkannya pemakaian gaya prategang dapat memakai penampang-penampang yang lebih ramping, seperti penampang I dan T misalnya. Bentuk penampang I banyak digunakan untuk bentang-bentang jembatan dan girder atap yang panjangnya mencapai kurang lebih 36m. Tampang ini umumnya digunakan untuk struktur beton prategang dengan bentangan panjang dan menerus yang harus menahan momen positif dan negatif. Bentuk T tunggal lebih sesuai untuk bentang-bentang panjangnya sampai 36m, serta untuk memikul beban-beban yang lebih berat, sedangkan bentuk T ganda yang mempunyai sebuah permukaan datar dengan lebar 1,2 sampai 2,4m. Tebal plat dan tinggi badan dapat berubah-ubah, tergantung pada kebutuhannya, dalam hal ini panjang bentangnya dapat mencapai 18m dan untuk penampang T terbalik menyediakan sisi penahan untuk

menunjang ujung-ujung dari struktur lantai pracetak yang mempunyai bentang dalam arah yang tegak lurus, bentuk penampang balok T terbalik tersebut sangat sesuai untuk menerima pelimpahan gaya prategang awal yang besar ditepi bagian bawah, tetapi penampang seperti ini tidak efisien untuk menahan momen positif di tengah-tengah bentang. Kecuali balok tampang I, balok T akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan bentuk tampang lain (persegi) karena tidak timbul masalah akibat tegangan tekan yang sangat besar di bagian tepi bawah pada saat transfer gaya prategang. Disamping itu, penampang berbentuk T juga dapat memberikan kekuatan lentur yang lebih besar, karena besar lengan dalam dari kopel penahan pada beban rencana maksimum lebih besar dari lengan momen pada penampang yang berbentuk persegi.

Secara umum, penampang-penampang I dan T dengan flens dan badan yang relatif tipis lebih efisien bila dibandingkan dengan batang-batang lain dengan dimensi elemen-elemennya yang lebih tebal. Namun demikian ada beberapa faktor yang membatasi keuntungan berupa efisiensi yang dapat diperolehnya. Faktor-faktor ini termasuk ketidakstabilan dari elemen-elemen tekan yang sangat tipis terletak dibagian atas, mudahnya elemen-elemen yang tipis itu pecah pada waktu pelaksanaan (pada kasus konstruksi pracetak) dan

timbulnya kesukaran dalam praktek melakukan pengecoran beton pada elemen yang tipis. Perencana harus menyediakan ruang yang cukup serta pelindung beton dari kabel dan angkur, serta pembatasan tinggi konstruksi untuk mencegah terjadinya tekuk.

4.2 Tinjauan Balok Terhadap Geser

Tegangan geser yang tinggi pada suatu balok akan menimbulkan retak miring, maka upaya untuk mencegah pembentukan retak miring digunakan penulangan transversal yang dikenal dengan istilah penulangan geser yang berbentuk sengkang tertutup arah vertikal ataupun miring untuk menutupi penulangan memanjang di sekeliling muka balok.

Salah satu metode yang akan dipakai adalah metode alternatif berdasarkan SKSNI.T-15-1991-03, dengan meninjau gaya geser yang terjadi dengan syarat jika

1. Tidak diperlukan tulangan geser :

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c \dots\dots\dots (4-1)$$

2. Tulangan geser minimum :

$$0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \dots\dots\dots (4-2)$$

$$V_c \text{ perlu} = V_s \text{ minimum} = 1/3 \cdot \sqrt{f'_c} B_w \cdot d \text{ MPa} \dots\dots (4-3)$$

3. Dipakai tulangan geser penuh, bila :

$$V_u > \phi V_c \dots\dots\dots (4-4)$$

4. Dimensi diubah, bila

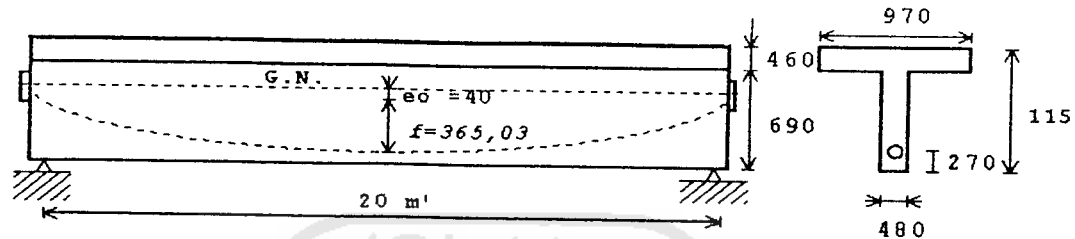
$$V_u > \phi V_c + 2/3 \sqrt{f'_c} B_w \cdot d \dots\dots\dots (4-5)$$

4.3 Desain Tulangan Geser

Perhitungan untuk mendesain tulangan geser pada balok beton prategang untuk tampang I dan T dengan metoda pasca tarik, dilakukan sesuai dengan rumus pada Bab III. Pendesainan tulangan geser pada balok ditinjau untuk panjang bentangan 16m, 20m, dan 25m dengan data sesuai pada pendesainan tampang yang terlampir di halaman belakang.

Untuk mendapatkan suatu gambaran desain geser pada balok beton prategang tampang T dengan bentuk tendon melengkung dengan panjang bentangan 20m. Data yang dibutuhkan untuk pendesainan tulangan geser, diambil dari hasil perhitungan pendesainan tampang dengan mencari momen ultimit tampang. Perhitungan pendesainan tampang tersebut terdapat pada lampiran 1. Data yang diperlukan sebagai berikut: Baja prategang digunakan $f_{pu} = 1700$ MPa, $T_e = 4,4155 \cdot 10^3$ kN, Luas baja prategang (Aps) = 4911,095 mm², dengan tinggi lengkungan maks (f) = 365,03 mm. Mutu beton yang digunakan $f'_c = 40$ MPa, n = 7, Berat jenis beton = 23 kN/m, $A_c = 777400$ mm², $I_c = 8,38592 \cdot 10^{10}$ mm⁴, $c_t = 474,9704$ mm, $c_b = 675,0296$ mm, $S_b = 1,7656 \cdot 10^8$ mm³, $S_t = 1,2423 \cdot 10^8$ mm³. Beban mati $W_d = 20$ kN/m, Beban hidup $W_L = 15$ kN/m. Beban sendiri balok = 18,75 kN/m.

Metode perhitungan desain geser beton prategang ditinjau untuk setengah bentang balok dan dianalisis tiap 1 meter bentang dimulai dari jarak $h/2$ dari tumpuan.



Gambar 4-2. Balok Prategang dengan tendon melengkung

Prosedur I : Tinjauan $h/2 = 0,575$ m dari tumpuan

1. Menggunakan Cara Alternatif Sederhana Dari ACI

$$\begin{aligned} \text{(Rumus 3-17) Karena } f_e/f_{pu} &= \frac{T_e}{A_{ps}}/f_{pu} = \frac{4415521,654}{4911,095}/1700 \\ &= 0,5289 > 0,4 \end{aligned}$$

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{20} + 5 \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \cdot b_w \cdot d$$

Beban yang bekerja, dengan faktor beban :

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 \cdot (W_o + W_d) + 1,6 \cdot W_L \\ &= 1,2 \cdot (18,75 + 20) + 1,6 \cdot 15 \\ &= 70,50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= W_u (1/2L - x) \\ &= 70,5 (20/2 - 0,575) \\ &= 664,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,5 \cdot W_u \cdot (L \cdot x - x^2) \\ &= 0,5 \cdot 70,5 (20 \cdot 0,575 - 0,575^2) \\ &= 393,72 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{4 \cdot f}{L^2} (L \cdot x - x^2) + e_o \\
 &= \frac{4 \cdot 365,03}{20000^2} (20000 \cdot 575 - 575^2) + 40 \\
 &= 80,77 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 0,8 \cdot h \text{ (Ketentuan SKSNI untuk beton pratekan)} \\
 &= 0,8 \cdot 1150 \\
 &= 920 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{V_u \cdot d}{M_u} = \frac{664,46 \cdot 920 \cdot 10^3}{393,72 \cdot 10^6} = 1,55 > 1 \text{ (SK-SNI 1991) NO.}$$

Kapasitas tegangan satuan nominal v_c adalah

$$v_c = \sqrt{40} / 20 + 5 (1) = 8,08 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 1/6 \sqrt{f'_c} &= 1,05 \text{ MPa (batas awal)} < v_c \text{ --- O.K.} \\
 0,4 \sqrt{f'_c} &= 2,53 \text{ MPa (batas akhir)} < v_c \text{ --- NO}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian Kekuatan geser V_c pada jarak 0,575 m dari tumpuan menjadi

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d = 2,53 \cdot (480) \cdot (920) = 1117,17 \text{ kN}$$

2. Metode Kedua Dengan Mencari Kekuatan Geser-Lentur

(Rumus 3-10)

$$V_{ci} = 0,05 \sqrt{f'_c} b_w d + V_s + \frac{V_s M_{cr}}{M_{maks}}$$

Mencari M_{cr} (rumus 3-3)

$$M_{cr} = \frac{I}{c_t} \left(-\sqrt{f'_c} + f_{pe} - f_d \right)$$

f_{pe} = tegangan tekan dan lentur beton akibat gaya prategang

$$\frac{T_e}{A_c} + \frac{T_e e c_b}{I_c} = \frac{4415,5 \cdot 10^3}{777400} + \frac{4415,5 \cdot 10^3 \cdot 80,77 \cdot 675,0296}{8,38592 \cdot 10^{10}}$$

$$= 7,70 \text{ MPa}$$

e = 80,77 mm pada lokasi 0,575 m dari pusat tumpuan

f_d = tegangan akibat berat sendiri = M_o/S_c

$$= \frac{18,75 \cdot 19425 \cdot 575 \cdot 675,0296}{2 \cdot 8,38592 \cdot 10^{10}}$$

$$= 0,84 \text{ MPa}$$

$$\therefore M_{cr} = 1,7656 \cdot 10^8 \cdot (0,5 \sqrt{40} + (7,70) - (0,84))$$

$$= 1768,97 \text{ kN-m}$$

M_{maks} = momen maksimum akibat beban luar berfaktor pada penampang yang ditinjau

$$= 0,5 \cdot (20 \cdot 1,2 + 15 \cdot 1,6) \cdot (0,575) \cdot (19,425) = 268,07 \text{ kN-m}$$

V_i = Geser akibat beban luar pada penampang yang ditinjau

$$= 0,5 \cdot (20 \cdot 1,2 + 15 \cdot 1,6) \cdot (20 - 2 \cdot 0,575) = 452,40 \text{ kN}$$

$$\frac{V_i M_{cr}}{M_{maks}} = \frac{452,40 \cdot 1768,97}{268,07} = 2985,40 \text{ kN}$$

V_d = Kuat Geser Akibat Beban Mati

$$= 0,5 \cdot 18,75 \cdot (20 - 2 \cdot (0,575)) = 176,72 \text{ kN}$$

diketahui $d = 920$ mm

$$\begin{aligned} \therefore V_{ci} &= 0,05 \sqrt{40} \cdot 480 \cdot 920 \cdot 10^{-3} + 176,72 + 2985,40 \\ &= 3301,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menurut Sk-SNI 1991, kekuatan retak geser-lentur tidak boleh diambil kurang dari

$$V_{ci,min} = (\sqrt{f'_c}/7) b_w d = (\sqrt{40}/7) \cdot 480 \cdot 920 = 398,989 \text{ kN} < V_{ci} \text{ -O.K.}$$

3. Kuat Retak Geser Badan Balok

Dipakai rumus (3-15) sebagai berikut.

$$V_{cw} = 0,3 (\sqrt{f'_c} + f_{pc}) b_w d + V_p$$

di mana

f_{pc} = tegangan tekan dalam beton pada pusat penampang yang memikul akibat semua beban luar.

$$= T_e / A_c = 4415,5 \cdot 10^3 / 777400 = 5,680 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} V_p &= T_e \cdot \sin \alpha \quad \text{---} \quad \sin \alpha \gg \text{tg } \alpha = \frac{e_{o(x)} - e_o}{l_{(x)}} \\ &= 4415,5 \cdot 10^3 \cdot 0,0709 \\ &= 313,09 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore V_{cw} &= 0,3 (\sqrt{40} + 5,680) \cdot 480 \cdot 920 / 10^3 + 313,09 \\ &= 1903,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Desain Penggunaan Tulangan Geser

Karena $V_{ci} > V_{cw}$, maka V_c dipakai yang terkecil, $V_c = V_{cw} = 1903,44$ kN pada tinjauan penampang balok 0,575 m dari tumpuan. Dari data di atas, ternyata $\frac{Vu}{\phi} = \frac{664,46}{0,6} = 1107,44$ kN $> V_c/2 = 1903,44/2 = 951,72$ kN. Sesuai dengan ketentuan rumus 4-1, maka balok memerlukan tulangan geser minimum. Tegangan geser tulangan geser yang perlu sebesar

$$V_s \text{ Perlu} = \frac{Vu}{\phi} - V_c = 1107,44 - 1903,44 = -796,00 \text{ kN.}$$

~Jarak spasi Tulangan Geser (s)

Dicoba dipakai diameter tulangan 10 mm,

$$A_v = \frac{1}{4} * \pi * 10^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Diketahui s harus lebih kecil dari

$$a. \frac{3}{4} h = \frac{3}{4} * 1150 = 862,5 \text{ mm}$$

$$b. \frac{d}{2} = \frac{920}{2} = 460 \text{ mm}$$

$$c. 600 \text{ mm}$$

$$d. \frac{A_v * f_y * d}{V_s} = \frac{157,08 * 300 * 920}{-796,00} = -54,46 \text{ mm}$$

$$e. \frac{3 * A_v * f_y}{b_w} = \frac{3 * 157,08 * 300}{480} = 294,52 \text{ mm}$$

$$f. \frac{A_v * 80 * f_y * d}{A_{ps} * f_{pu} * \sqrt{\frac{d}{b_w}}} = \frac{157,08 * 80 * 300 * 920}{4911,095 * 1700 * \sqrt{\frac{920}{480}}} = 300,067 \text{ mm}$$

Sehingga s lebih kecil yang terpakai

$$s \text{ terpakai} = 294,524 \text{ mm}$$

$$V_s \text{ tersedia} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157,08 \cdot 300 \cdot 920}{294,524}$$

$$= 147,20 \text{ kN} > V_s \text{ perlu} = -796,00 \text{ kN.}$$

$$< \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} (b_w \cdot d) = \frac{1}{3} \sqrt{40} (480 \cdot 920) = 930,97 \text{ kN}$$

O.K.

Untuk perhitungan desain geser untuk selanjutnya diambil tinjauan tiap 1 meter dapat dilihat pada tabel berikut ini.



bertang = 16 m
 beban mati = 20 kN/m
 beban hidup = 15 kN/m
 b.s. = 14 kN/m
 Te = 3,20E+05 N
 I-c = 4,050E+10 mm⁴
 Sb = 7,13E+07 mm³
 Ac = 5,77E+05 mm²
 h = 950 mm
 ts = 420 mm
 b = 870 mm
 tw = 400 mm
 TerTu = 0,5251977
 Aps = 3583,7716
 ct = 380,4025 mm
 Pc = 40 MPa
 fy nonptg = 360 MPa
 ipu = 1700 MPa

Tabel 4-2.a. Perhitungan Geser Metode Alternatif ACI-1977

x (m)	wu (kN/m ³)	Vu (kN)	Mu (kN-m ³)	e (mm)	d (mm)	Vu/dMu < 1	vc (MPa)	Batas awal vc	Batas akhir vc	Ket.	Vc (kN)
0,46	64,8	487,62	238,93	69,91	760,00	1,56	8,07	1,05	2,53	NO	769,07
1,00	64,8	453,60	496,00	100,84	760,00	0,71	3,96	1,05	2,53	NO	769,07
2,00	64,8	368,60	907,20	159,57	760,00	0,33	1,94	1,05	2,53	O.K.	591,22
3,00	64,8	324,00	1,268,60	196,19	760,00	0,13	1,23	1,05	2,53	O.K.	392,84
4,00	64,8	259,20	1,555,20	234,70	760,00	0,13	0,95	1,05	2,53	NO	320,44
5,00	64,8	194,40	1,782,00	266,09	760,00	0,09	0,78	1,05	2,53	NO	320,44
6,00	64,8	129,60	1,944,00	288,37	760,00	0,05	0,57	1,05	2,53	NO	320,44
7,00	64,8	64,80	2,041,20	295,64	760,00	0,02	0,44	1,05	2,53	NO	320,44
8,00	64,8	0,00	2,073,60	299,60	760,00	0,00	0,32	1,05	2,53	NO	320,44

Perhitungan diabaikan jika TerTu > 9

Tabel 4-2.b. Perhitungan Geser - Lentur Balok Tampang T

x (m)	Mo (kN-m ³)	Vo (kN)	fd (MPa)	e (mm)	fy (MPa)	Mcr (kN-m ³)	Mmaks (kN-m ³)	Vl (kN)	Vl/Vcr	Mmaks (kN)	d (mm)	Vc (kN)	Vc min (kN)	fy (MPa)	Vs (kN)	Vov (kN)	Vc (kN)
0,48	51,62	105,35	0,72	69,91	8,16	965,97	176,99	351,20	1,848,74	1,848,74	760,00	2,060,23	274,666	5,54	201,49	1,263,69	1,263,69
1,00	105,00	96,00	1,47	100,94	9,32	940,63	360,00	336,00	678,10	678,10	760,00	1,072,24	274,666	5,54	194,63	1,276,87	1,072,24
2,00	196,00	84,00	2,75	153,57	11,29	1,000,42	672,00	268,00	423,75	608,68	760,00	608,68	274,666	5,54	181,70	1,263,90	608,68
3,00	273,00	70,00	3,88	198,19	12,96	1,050,95	936,00	240,00	269,45	435,38	760,00	435,38	274,666	5,54	168,72	1,250,92	435,38
4,00	336,00	56,00	4,71	224,70	14,33	1,092,10	1,152,00	192,00	192,02	192,02	760,00	384,15	274,666	5,54	155,74	1,237,94	384,15
5,00	385,00	42,00	5,40	263,09	15,39	1,124,19	1,320,00	144,00	122,64	122,64	760,00	260,77	274,666	5,54	142,77	1,224,96	274,67
6,00	420,00	28,00	5,69	268,37	16,15	1,147,11	1,440,00	96,00	76,47	76,47	760,00	200,61	274,666	5,54	129,79	1,211,98	274,67
7,00	441,00	14,00	6,19	295,54	16,80	1,160,86	1,512,00	48,00	36,85	36,85	760,00	146,99	274,666	5,54	116,81	1,199,00	274,67
8,00	443,00	0,00	6,28	299,60	16,78	1,165,45	1,536,00	0,00	0,00	0,00	760,00	96,13	274,666	5,54	103,83	1,186,02	274,67



Tabel 4-2.c. Analisa Pemakaian Tulangan Geser

X (m)	V_u ϕ $\phi=0,5$ (kN)	Vc (MPa)	$\frac{V_u \cdot 1000}{(0,5 \cdot b \cdot w \cdot d)}$ (MPa)	$\frac{V_c \cdot 1000}{(2 \cdot b \cdot w \cdot d)}$ (MPa)	v _{u/0,6} -v _{c/2} (MPa)	Keterangan	V _{u/0,6} - V _c (kN)	Av (Luas tul.) $\phi 10$	s = $\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{A_v \cdot f_y \cdot d / V_s}$ mm	dipakai s terkecil	V _s sedia (kN)	Ket V _s sedia > V _s perlu	V _s sedia < $\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d$ (kN)
0,49	612,70	1,283,69	2,678	2,111	0,362	Dengan Tul. Geser	-470,999	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89
1,00	756,00	1,072,24	2,457	1,764	0,723	Dengan Tul. Geser	-316,237	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89
2,00	848,00	603,66	2,132	1,091	1,130	Dengan Tul. Geser	-39,116	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89
3,00	640,00	135,66	1,775	0,716	1,060	Dengan Tul. Geser	104,419	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89
4,00	432,00	334,15	1,421	0,550	0,871	Dengan Tul. Geser	97,850	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89
5,00	324,00	274,67	1,066	0,452	0,614	Dengan Tul. Geser	49,384	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89
6,00	216,00	274,67	0,711	0,452	0,369	Dengan Tul. Geser	-58,666	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89
7,00	108,00	274,67	0,355	0,452	-0,096	Tanpa Tul. Geser	-166,666	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89
8,00	0,00	274,67	0,000	0,452	-0,452	Tanpa Tul. Geser	-274,666	157,080	341,176	341,176	104,973	O.K.	640,89

Keterangan :

- s min < $\frac{3}{4} h = 712,5 \text{ mm}$
- $\frac{d}{2} = 360 \text{ mm}$
- < 600 mm
- < $\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$
- < $\frac{A_v \cdot d \cdot 0,5 \cdot b \cdot w}{A_v \cdot f_y \cdot d / V_s}$

$T_e/T_u = 0.5266771$
 $A_{ps} = 4911.0947$
 $c_t = 474.97041 \text{ mm}$
 $c_b = 675.02959 \text{ mm}$
 $St = 1.77E+08 \text{ mm}^3$

$h = 1150 \text{ mm}$
 $ts = 450 \text{ mm}$
 $b = 970 \text{ mm}$
 $bw = 480 \text{ mm}$

$T_e = 4.42E+06 \text{ N}$
 $I_c = 3.986E+10 \text{ mm}^4$
 $S_b = 1.24E+08 \text{ mm}^3$
 $Ac = 7.77E+05 \text{ mm}^2$

bentang = 20 m
 beban mati = 20 kN/m
 beban hidup = 15 kN/m
 b.s. = 18,75 kN/m

$f_c = 40 \text{ MPa}$
 $f_y \text{ nonptg} = 360 \text{ MPa}$
 $f_{pu} = 1700 \text{ MPa}$

Tabel 4-1.a. Perhitungan Geser Metode Alternatif ACI-1977

x (m)	wu (kN/m ²)	Vu (kN)	Mu (kN-m)	e (mm)	d (mm)	Vu*d/Mu < 1	vc (MPa)	Batas awal vc	Batas Akhir vc	Ket.	Vc (kN)
0,58	70,5	664,46	393,72	80,77	920,00	1,55	6,09	1,05	2,53	NO	1.117,17
1,00	70,5	634,50	669,75	109,36	920,00	0,87	4,67	1,05	2,53	NO	1.117,17
2,00	70,5	564,00	1.269,00	171,41	920,00	0,41	2,36	1,05	2,53	O.K.	1.042,47
3,00	70,5	493,50	1.797,75	226,17	920,00	0,25	1,58	1,05	2,53	O.K.	697,27
4,00	70,5	423,00	2.256,00	273,62	920,00	0,17	1,18	1,05	2,53	O.K.	520,63
5,00	70,5	352,50	2.643,75	313,77	920,00	0,12	0,93	1,05	2,53	NO	465,49
6,00	70,5	282,00	2.961,00	345,92	920,00	0,09	0,75	1,05	2,53	NO	455,49
7,00	70,5	211,50	3.207,75	372,18	920,00	0,06	0,62	1,05	2,53	NO	465,49
8,00	70,5	141,00	3.384,00	390,43	920,00	0,04	0,51	1,05	2,53	NO	465,49
9,00	70,5	70,50	3.489,75	401,38	920,00	0,02	0,41	1,05	2,53	NO	465,49
10,00	70,5	0,00	3.525,00	405,03	920,00	0,00	0,32	1,05	2,53	NO	139,65

*Perhitungan ini dipakai jika $T_e/T_u > 0,4$

Tabel 4-1.b. Perhitungan Geser - Lentur Balok Tampang T

x (m)	Mo (kN-m)	Vo (kN)	fd (MPa)	e (mm)	fpe (MPa)	Mcr (kN-m)	Mmaks (kN-m)	Vl (kN)	Vl/Mcr Maks (kN)	d (mm)	Vci	Vci min	foc (MPa)	Vp (kN)	Vov (kN)	Vc (kN)
0,58	104,71	176,72	0,84	50,77	7,70	1.769,97	265,07	452,40	2.365,40	920,00	3.301,76	398,969	5,68	313,09	1.903,44	1.903,44
1,00	178,13	163,75	1,43	109,36	8,41	1.790,85	466,00	432,00	1.696,59	920,00	2.004,99	398,969	5,68	306,24	1.896,59	1.896,59
2,00	337,50	150,00	2,72	171,41	9,97	1.839,35	864,00	384,00	817,04	920,00	1.106,69	398,969	5,68	290,12	1.850,47	1.106,69
3,00	479,13	131,25	3,86	226,17	11,34	1.860,26	1.224,00	336,00	516,15	920,00	797,05	398,969	5,68	274,01	1.864,35	767,05
4,00	600,00	112,50	4,83	273,62	12,52	1.916,59	1.536,00	268,00	359,36	920,00	611,51	398,969	5,68	257,99	1.848,23	611,51
5,00	703,13	93,75	5,66	313,77	13,53	1.947,32	1.800,00	240,00	259,64	920,00	493,04	398,969	5,68	241,77	1.832,11	493,04
6,00	787,50	75,00	6,34	346,62	14,35	1.972,47	2.016,00	192,00	187,85	920,00	402,50	398,969	5,68	225,65	1.816,00	402,50
7,00	853,13	56,25	6,87	372,18	14,99	1.992,03	2.164,00	144,00	131,34	920,00	327,24	398,969	5,68	209,53	1.798,88	398,99
8,00	900,00	37,50	7,24	390,43	15,44	2.006,00	2.304,00	96,00	83,58	920,00	260,73	398,969	5,68	193,42	1.783,76	398,99
9,00	938,13	18,75	7,47	401,38	15,72	2.014,38	2.376,00	48,00	40,69	920,00	199,09	398,969	5,68	177,30	1.767,64	398,99
10,00	937,50	0,00	7,55	405,03	15,91	2.017,18	2.400,00	0,00	0,00	920,00	139,65	398,969	5,68	161,18	1.751,52	398,99

Tabel 4-1.c. Analisa Pemakaian Tulangan Geser

x (m)	Vu φ (kN)	Vc (MPa)	Vu*1000 (0,6*bw*d) (MPa)	Vc*1000 (2*bw*d) (MPa)	vu/0,6 -vc/2 (MPa)	Keterangan	Vs perlu = Vu/0,6 - Vc (kN)	Av (Luas tul.) φ10	s = Av*fy/d/ Vs mm	s max = 3*Av*fy/bw mm	S = $\frac{3 \cdot Av \cdot fy \cdot s}{4 \rho \cdot bw \cdot \sqrt{f_c}}$ mm	dipakai s terkecil	Vs sedia (kN)	Ket Vs sedia > Vs perlu	Vs sedia < $\frac{1}{3} \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$ (kN)
0,58	1.107,44	1.903,44	2.508	2.155	0,353	Dengan Tul. Geser	-795,999	157,080	-54,46	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
1,00	1.057,50	1.996,59	2.395	2.147	0,247	Dengan Tul. Geser	-839,086	157,080	-61,67	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
2,00	940,00	1.106,69	2.129	1.253	0,876	Dengan Tul. Geser	-166,690	157,080	-260,09	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
3,00	822,50	787,05	1.963	0,891	0,971	Dengan Tul. Geser	35,454	157,080	1.222,84	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
4,00	705,00	611,51	1.996	0,692	0,904	Dengan Tul. Geser	93,494	157,080	463,71	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
5,00	567,50	493,04	1.330	0,558	0,772	Dengan Tul. Geser	94,461	157,080	456,96	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
6,00	470,00	402,50	1.034	0,456	0,609	Dengan Tul. Geser	67,500	157,080	642,29	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
7,00	362,50	398,99	0,798	0,452	0,346	Dengan Tul. Geser	-46,489	157,080	-932,56	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
8,00	236,00	398,99	0,592	0,452	0,080	Dengan Tul. Geser	-163,999	157,080	-264,37	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
9,00	117,50	398,99	0,266	0,452	-0,156	Tanpa Tul. Geser	-281,489	157,080	-164,02	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97
10,00	0,00	398,99	0,000	0,452	-0,452	Tanpa Tul. Geser	-398,699	157,080	-109,66	294,524	300,067	294,524	147,200	O.K.	930,97

Keterangan:

- s min $\leq \frac{3}{4} h = 862,5 \text{ mm}$
- $\leq \frac{d}{2}$
- $\leq 600 \text{ mm}$
- $\leq \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$
- $\leq \frac{3 \cdot Av \cdot fy \cdot s}{4 \rho \cdot bw \cdot \sqrt{f_c}}$



bentang konstruksi =
 beban mati =
 beban hidup =
 b. s. (taksir) =

25 m
 20 kN/m
 15 kN/m
 27 kN/m

$T_e = P_e = 5907219 \text{ N}$
 $I_c = 1,605 \times 10^{11} \text{ mm}^4$
 $A_c = 1067500 \text{ mm}^2$
 $ct = 545,61 \text{ mm}$
 $cb = 804,39 \text{ mm}$
 $St = 1,99E+08 \text{ mm}^3$
 $S_b = 2,94E+08 \text{ mm}^3$

$h = 1950 \text{ mm}$
 $ts = 500 \text{ mm}$
 $b = 1200 \text{ mm}$
 $bw = 550 \text{ mm}$
 $fc = 40 \text{ MPa}$
 $f_y \text{ nonptg} = 300 \text{ MPa}$
 $f_{pu} = 1700 \text{ MPa}$

$A_{ps} = 6538,34 \text{ mm}^2$
 $T_e/T_u = 0,531447 > 0,4$

IRAMPANG

Tabel 4-3.a. Perhitungan Geser Metode Alternatif ACI-1977 *

x (m)	w _u (kN/m)	V _u (kN)	M _u (kN-m)	e (mm)	d (mm)	V _u /dM _u	v _c (MPa)	Batas awal v _c	Batas Akhir v _c	Ket	V _c (kN)
0,68	80,4	950,73	960,06	91,95	1060,00	1,56	6,09	1,05	2,53	NO	1502,71
1,00	80,4	924,60	964,80	115,94	1060,00	1,04	5,49	1,05	2,53	NO	1502,71
2,00	80,4	844,20	1849,20	195,56	1060,00	0,49	2,78	1,05	2,53	NO	1502,71
3,00	80,4	763,80	2653,20	348,65	1060,00	0,31	1,87	1,05	2,53	O.K.	1111,24
4,00	80,4	683,40	3376,60	555,78	1060,00	0,22	1,31	1,05	2,53	O.K.	837,60
5,00	80,4	603,00	4020,00	856,41	1060,00	0,15	1,13	1,05	2,53	O.K.	668,35
6,00	80,4	522,60	4582,60	1200,71	1060,00	0,12	0,93	1,05	2,53	NO	626,13
7,00	80,4	442,20	5055,00	1566,66	1060,00	0,09	0,79	1,05	2,53	NO	626,13
8,00	80,4	361,80	5467,20	1970,32	1060,00	0,07	0,67	1,05	2,53	NO	626,13
9,00	80,4	281,40	5798,60	2356,63	1060,00	0,05	0,58	1,05	2,53	NO	626,13
10,00	80,4	201,00	6030,00	2726,62	1060,00	0,04	0,50	1,05	2,53	NO	626,13
11,00	80,4	120,60	6190,60	3072,27	1060,00	0,02	0,42	1,05	2,53	NO	626,13
12,00	80,4	40,20	6271,20	3396,60	1060,00	0,01	0,35	1,05	2,53	NO	626,13

* Perhitungan ini dipakai jika $T_e/T_u > 0,4$

Tabel 4-3.b. Perhitungan Geser - Lentur Balok Tampang I

x (m)	M ₀ (kN-m)	V ₀ (kN)	f _d (MPa)	e (mm)	f _{pe} (MPa)	M _{cr} (kN-m)	M _{maks} (kN-m)	V _i (kN)	V _i *M _{cr} /M ₀ (kN)	d (mm)	V _{ci} (kN)	V _{ci} min	f _{oc} (MPa)	V _p (kN)	V _{ow} (kN)	V _c (kN)
0,63	221,66	319,26	0,75	91,95	7,14	3.224,66	394,07	567,80	4.644,72	1.060,00	5.151,83	536,68	5,53	454,66	2.567,80	2.567,80
1,00	324,00	310,50	1,10	115,94	7,56	3.248,80	576,00	552,00	3.113,43	1.060,00	3.611,77	536,68	5,53	448,59	2.561,73	2.561,73
2,00	621,00	283,50	2,11	185,55	8,78	3.318,63	1.104,00	504,00	1.515,12	1.060,00	1.966,46	536,68	5,53	429,89	2.543,03	1.966,46
3,00	881,00	256,50	3,03	248,83	9,69	3.362,49	1.584,00	456,00	973,75	1.060,00	1.418,09	536,68	5,53	411,20	2.524,34	1.418,09
4,00	1.134,00	229,50	3,66	305,76	10,68	3.439,79	2.016,00	408,00	696,15	1.060,00	1.113,49	536,68	5,53	392,51	2.505,65	1.113,49
5,00	1.350,00	202,50	4,59	356,41	11,77	3.490,73	2.400,00	360,00	523,61	1.060,00	913,95	536,68	5,53	373,82	2.486,96	913,95
6,00	1.539,00	175,50	5,24	400,71	12,54	3.535,29	2.736,00	312,00	403,15	1.060,00	736,49	536,68	5,53	355,13	2.468,27	736,49
7,00	1.701,00	148,50	5,79	438,68	13,21	3.573,49	3.024,00	264,00	311,97	1.060,00	648,31	536,68	5,53	336,44	2.449,58	648,31
8,00	1.836,00	121,50	6,25	470,32	13,76	3.605,33	3.264,00	216,00	236,59	1.060,00	547,93	536,68	5,53	317,75	2.430,89	547,93
9,00	1.944,00	94,50	6,61	495,63	14,21	3.630,79	3.456,00	168,00	176,50	1.060,00	459,84	536,68	5,53	299,06	2.412,20	459,84
10,00	2.025,00	67,50	6,89	514,62	14,54	3.649,89	3.600,00	120,00	121,66	1.060,00	377,00	536,68	5,53	280,37	2.393,51	377,00
11,00	2.079,00	40,50	7,07	527,27	14,76	3.662,63	3.696,00	72,00	71,35	1.060,00	299,59	536,68	5,53	261,67	2.374,81	299,59
12,00	2.106,00	13,50	7,17	533,50	14,87	3.668,99	3.744,00	24,00	23,52	1.060,00	224,66	536,68	5,53	242,96	2.356,12	224,66

*) V_c dipakai dari V_{ow} dan V_{ci} yang bernilai kecil

Tabel 4-3.c. Analisa Pemakaian Tulangan Geser

x (m)	Vu φ (kN)	Vc (MPa)	Vu*1000 (0,6*bw*d) (MPa)	Vc*1000 (2*bw*d) (MPa)	vu/0,85 -vc/2	Keterangan	Vs perlu = Vu/0,6 - Vc (kN)	Av (Luas tul.) mm ²	Av/fyd (Vs) mm	s = 3*Av*fyl/bw mm	A-steel-fyd mm	dipakai s terkecil mm	Vs tersedia (kN)	Ket Vs sedia > Vs perlu	Vs sedia < $\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} - 0,5 \sigma^* \phi$ (kN)
0,56	1584,55	2567,60	2,668	2,161	0,508	Dengan tul. Geser	-983,250	226,195	-74,54	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
1,00	1541,00	2561,73	2,594	2,156	0,438	Dengan Tul. Geser	-1020,726	226,195	-71,60	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
2,00	1407,00	1986,46	2,369	1,672	0,657	Dengan Tul. Geser	-679,457	226,195	-126,48	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
3,00	1273,00	1418,09	2,143	1,194	0,949	Dengan Tul. Geser	-145,068	226,195	-505,12	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
4,00	1139,00	1113,49	1,918	0,937	0,960	Dengan Tul. Geser	25,512	226,195	2.672,67	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
5,00	1005,00	913,95	1,692	0,769	0,923	Dengan Tul. Geser	91,052	226,195	604,90	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
6,00	871,00	768,49	1,466	0,645	0,821	Dengan Tul. Geser	104,513	226,195	701,22	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
7,00	737,00	643,31	1,241	0,546	0,835	Dengan Tul. Geser	66,669	226,195	826,34	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
8,00	603,00	547,93	1,015	0,461	0,824	Dengan Tul. Geser	55,073	226,195	1.330,73	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
9,00	469,00	536,68	0,790	0,452	0,358	Dengan Tul. Geser	-67,684	226,195	-1.062,79	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
10,00	335,00	533,68	0,338	0,452	0,112	Dengan Tul. Geser	-201,684	226,195	-363,58	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
11,00	201,00	533,68	0,338	0,452	-0,113	Tanpa Tul. Geser	-335,684	226,195	-218,32	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26
12,00	67,00	533,68	0,113	0,452	-0,339	Tanpa Tul. Geser	-469,684	226,195	-156,03	370,137	376,412	370,137	198,000	O.K.	1.252,26

Keterangan
 s perlu < 3/4 h = 1012,50 mm
 < d/2 = 540,00 mm
 < 500 mm
 < Av*fyl/dVs
 < 3*Av*fyl/bw
 $\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} - 0,5 \sigma^* \phi$



bertang =
 beban mati =
 beban hidup =
 b.s. (Taksir) =

16 m
 20 kN/m
 15 kN/m
 12 kN/m

Te = 3,45E+06 N
 Ic = 5,940E+10 mm⁴
 Sb = 1,08E+08 mm³
 Ac = 6,57E+05 mm²
 ct = 550 mm
 cb = 550 mm
 St = 1,08E+08 mm³

h = 1100 mm
 ts = 350 mm
 b = 550 mm
 bw = 250 mm
 fc = 40 MPa
 fy nonotg = 300 MPa
 fou = 1700 MPa

Aps =

3716,504 mm²

$T_e/T_u = 0,546124 > 0,4$

TAMPANG I. SYMETRIS

Tabel 4-4.a. Perhitungan Geser Metode Alternatif ACI-1977

1 x (m)	2 wu (kN/m)	3 Vu (kN)	4 Mu (kN-m)	5 a (mm)	6 d (mm)	7 Vu/Mu < 1	8 vc (MPa)	9 Batas awal vc	10 Batas Akhir vc	11 Ket. 9 < 8 < 10	12 Vc (kN)
0,55	62,4	464,88	265,12	71,37	880,00	1,54	6,03	1,05	2,53	NO	556,56
1,00	62,4	436,80	488,00	96,25	880,00	0,82	4,42	1,05	2,53	NO	556,56
2,00	62,4	374,40	873,60	145,00	880,00	0,36	2,20	1,05	2,53	O.K.	484,43
3,00	62,4	312,00	1,215,80	186,25	880,00	0,23	1,44	1,05	2,53	O.K.	317,76
4,00	62,4	249,60	1,497,60	229,00	880,00	0,15	1,06	1,05	2,53	NO	231,90
5,00	62,4	187,20	1,715,00	245,25	880,00	0,10	0,80	1,05	2,53	NO	231,90
6,00	62,4	124,80	1,872,00	265,00	880,00	0,06	0,61	1,05	2,53	NO	231,90
7,00	62,4	62,40	1,985,60	276,25	880,00	0,03	0,46	1,05	2,53	NO	231,90
8,00	62,4	0,00	1,996,80	280,00	880,00	0,00	0,32	1,05	2,53	NO	231,90

¹⁾ Perhitungan ini dipakai jika $T_e/T_u > 0,4$

Tabel 4-4.b. Perhitungan Geser - Lentur Balok Tampang I

x (m)	M _o (kN-m)	V _o (kN)	f _d (MPa)	e (mm)	f _{pe} (MPa)	M _{cr} (kN-m)	M _{max} (kN-m)	V _i (kN)	V _i - M _i / M _{im} (kN)	d (mm)	V _{ci} (kN)	V _{ci} min	f _{oc} (MPa)	V _p (kN)	V _{ow} (kN)	V _c (kN)
0,55	50,69	69,20	0,47	71,67	7,24	1,241,77	203,94	357,60	2,177,40	880,00	2,336,37	198,772	5,26	199,91	554,21	984,21
1,00	90,00	84,00	0,83	96,25	7,91	1,280,73	360,00	385,00	1,195,95	880,00	1,348,92	198,772	5,26	194,09	958,39	958,39
2,00	168,00	72,00	1,56	145,00	9,26	1,358,62	672,00	268,00	562,37	880,00	723,84	198,772	5,26	181,15	945,45	723,84
3,00	234,00	60,00	2,17	186,25	10,39	1,424,52	936,00	240,00	365,26	880,00	484,83	198,772	5,26	169,21	932,51	484,83
4,00	268,00	48,00	2,67	220,00	11,53	1,478,45	1,152,00	192,00	246,41	880,00	343,96	198,772	5,26	155,27	919,57	343,96
5,00	330,00	36,00	3,06	246,25	12,05	1,520,39	1,320,00	144,00	166,36	880,00	271,43	198,772	5,26	142,33	906,64	271,43
6,00	360,00	24,00	3,33	265,00	12,57	1,550,34	1,440,00	56,00	103,36	880,00	196,93	198,772	5,26	139,39	893,70	196,93
7,00	378,00	12,00	3,50	276,25	12,68	1,568,32	1,512,00	46,00	49,79	880,00	131,96	198,772	5,26	116,45	880,76	131,96
8,00	384,00	0,00	3,56	280,00	12,98	1,574,31	1,536,00	0,00	0,00	880,00	69,57	198,772	5,26	103,51	867,82	198,77

¹⁾ V_c dipakai dari V_{ow} dan V_{ci} yang bernilai kecil

Tabel 4-4.c. Analisa Pemakaian Tulangan Geser

x (m)	Vu φ (kN)	Vc (MPa)	Vu/1000 (0.15bwfd) (MPa)	Vc/1000 (2bwfd) (MPa)	wu/0.85 -vc2 (MPa)	Keterangan	Vs perlu = Vu/0.6 - Vc (kN)	Av (Luas tul.) 610	Av/bs (Vs) mm	S =		dipakai s terkecil	Vs sedia (kN)	Ket Vs sedia > Vs perlu	Vs sedia < $\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} (b_w d)$ (kN)
										s max = 3*Av*fy/bsw mm	mm				
0,55	774,80	864,21	3,522	2,191	1,330	Dengan Tul. Geser	-169,414	157,080	-218,93	565,487	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80
1,00	726,00	956,39	3,309	2,178	1,131	Dengan Tul. Geser	-230,392	157,080	-179,99	565,467	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80
2,00	624,00	723,84	2,836	1,645	1,191	Dengan Tul. Geser	-99,636	157,080	-415,37	565,487	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80
3,00	520,00	494,63	2,364	1,125	1,239	Dengan Tul. Geser	25,167	157,080	1,647,75	565,487	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80
4,00	416,00	353,98	1,691	0,827	1,064	Dengan Tul. Geser	52,022	157,080	797,14	565,487	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80
5,00	312,00	211,43	1,216	0,617	0,801	Dengan Tul. Geser	40,570	157,080	1,022,17	565,487	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80
6,00	208,00	166,77	0,845	0,452	0,494	Dengan Tul. Geser	9,328	157,080	4,493,70	565,487	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80
7,00	104,00	166,77	0,473	0,452	0,021	Dengan Tul. Geser	-94,772	157,080	-437,57	565,487	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80
8,00	0,00	166,77	0,000	0,452	-0,452	Tanpa Tul. Geser	-166,772	157,080	-208,63	565,487	279,872	279,872	148,172	O.K.	463,80



Keterangan :
 s min = 80 mm
 s max = 450 mm
 < Av/bs = 300 mm
 < Av/bs > Vs
 < Av/bs > 80 mm

bentang = 20 m
 beban mati = 20 kN/m
 beban hidup = 15 kN/m
 b.s (Taksir) = 18,75 kN/m
 $T_e = 4,87E+06$ N
 $I_c = 1,206E+11$ mm⁴
 $S_b = 1,68E+08$ mm³
 $A_c = 6,57E+05$ mm²
 $ct = 650$ mm
 $cb = 650$ mm
 $St = 1,9E+08$ mm³
 $h = 1300$ mm
 $ts = 325$ mm
 $b = 710$ mm
 $bw = 300$ mm
 $f_c = 40$ MPa
 $f_y = 300$ MPa
 $f_{pu} = 1700$ MPa
 $A_{ps} = 5043,827$ mm²
 $T_e/T_u = 0,5444702$

TAMPAK I. SIMETRIS

Tabel 4-5.a. Perhitungan Geser Metode Alternatif ACI-1977

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x	$\frac{2}{V_u}$ (kN/m)	$\frac{3}{V_u}$ (kN)	$\frac{4}{M_u}$ (kN-m)	$\frac{5}{e}$ (mm)	$\frac{6}{d}$ (mm)	$\frac{7}{V_u d M_u}$ < 1	$\frac{8}{v_c}$ (MPa)	9	10	11	12
(m)							Batas awal	Batas Akhir	Kat.		
							v_c	v_c	v_c	$9 < v_c < 10$	$\frac{12}{V_c}$ (kN)
0,65	70,5	659,18	443,38	84,76	1240,00	1,56	6,05	1,05	2,53	NO	769,30
1,00	70,5	634,50	859,75	164,80	1040,00	0,99	5,24	1,05	2,53	NO	769,30
2,00	70,5	564,00	1269,00	162,40	1040,00	0,46	2,93	1,05	2,53	NO	769,30
3,00	70,5	493,50	1797,75	213,40	1040,00	0,29	1,74	1,05	2,53	O.K.	544,03
4,00	70,5	423,00	2356,00	257,60	1040,00	0,20	1,09	1,05	2,53	O.K.	402,88
5,00	70,5	352,50	2943,75	295,00	1040,00	0,14	0,61	1,05	2,53	NO	328,68
6,00	70,5	282,00	3561,00	325,30	1040,00	0,10	0,37	1,05	2,53	NO	328,68
7,00	70,5	211,50	4207,75	349,40	1040,00	0,07	0,26	1,05	2,53	NO	328,68
8,00	70,5	141,00	4884,00	365,40	1040,00	0,04	0,15	1,05	2,53	NO	328,68
9,00	70,5	70,50	5489,75	376,60	1040,00	0,02	0,07	1,05	2,53	NO	328,68
10,00	70,5	0,00	6025,00	380,00	1040,00	0,00	0,00	1,05	2,53	NO	328,68

¹ Perhitungan ini dipakai jika $T_e/T_u > 0,4$

Tabel 4-5.b. Perhitungan Geser - Lentur Balok Tampang I

x	M _o	V _o	f _d	e	f _{pe}	M _{cr}	M _{maks}	V _i	V _T M _{cr} /M _m	d	V _{ci}	V _{ci} min	f _{ec}	V _p	V _{cw}	V _c
(m)	(kN-m)	(kN)	(MPa)	(mm)	(MPa)	(kN-m)	(kN-m ²)	(kN)	(kN)	(mm)	(kN)	(kN)	(MPa)	(kN)	(kN)	(kN)
0,65	117,91	175,31	0,84	82,76	8,64	2834,65	301,86	448,80	4274,51	1040,00	1486,49	281,894	7,11	307,28	1565,15	1565,15
1,00	178,13	168,75	0,96	104,60	9,04	2654,24	455,00	432,00	2704,02	1040,00	2971,43	281,894	7,11	301,72	1559,60	1559,60
2,00	337,50	150,00	1,82	162,40	10,10	2906,09	664,00	364,00	1291,60	1040,00	1540,26	281,894	7,11	265,84	1543,72	1540,26
3,00	478,13	131,25	2,56	213,40	11,04	2961,66	1224,00	336,00	810,31	1040,00	1040,22	281,894	7,11	269,96	1527,84	1040,22
4,00	600,00	112,50	3,23	257,60	11,85	2991,50	1536,00	288,00	560,91	1040,00	772,07	281,894	7,11	254,08	1511,96	772,07
5,00	703,13	93,75	3,79	295,00	12,54	3035,05	1850,00	240,00	403,34	1040,00	596,75	281,894	7,11	236,20	1496,06	596,75
6,00	787,50	75,00	4,24	325,60	13,10	3052,50	2016,00	192,00	260,71	1040,00	464,58	281,894	7,11	222,32	1480,20	464,58
7,00	853,13	56,25	4,60	349,40	13,54	3073,65	2184,00	144,00	202,67	1040,00	357,58	281,894	7,11	206,44	1464,32	357,58
8,00	900,00	37,50	4,65	365,40	13,65	3089,10	2304,00	96,00	128,71	1040,00	264,68	281,894	7,11	190,56	1448,44	264,68
9,00	928,13	18,75	5,00	376,60	14,04	3098,25	2376,00	48,00	62,59	1040,00	180,00	281,894	7,11	174,68	1432,56	281,89
10,00	937,50	0,00	5,05	380,00	14,10	3101,30	2400,00	0,00	0,00	1040,00	98,66	281,894	7,11	158,80	1416,68	281,89

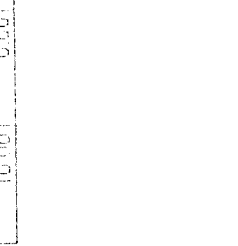
² V_c dipakai dari V_{cw} dan V_{ci} yang bernilai kecil

Tabel 4-5.c. Analisa Pemakaian Tulangan Geser

x (m)	Vu (kN)	Vc (MPa)	Vu*1000 (0,5*bw*d) (MPa)	Vc*1000 (2*bw*d) (MPa)	vu0,85 -vc/2 (MPa)	Keterangan	Vs perlu = Vu/0,8 - Vc (kN)	Av (Luas tul) j1D	Δv/d (Vs) mm	s =		Vs sedia (kN)	Ket Vs sedia > Vs perlu	Vs sedia < $\sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$ (kN)
										s max = 3*Av*fy/bw mm	mm			
0,65	1058,63	1565,15	3,521	2,508	1,013	Dengan Tul. Geser	-466,529	157,080	-105,05	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
1,00	1057,50	1559,60	3,389	2,499	0,890	Dengan Tul. Geser	-502,096	157,080	-97,61	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
2,00	940,00	1540,26	3,013	2,468	0,544	Dengan Tul. Geser	-600,260	157,080	-81,85	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
3,00	822,50	1540,22	2,636	1,667	0,969	Dengan Tul. Geser	-217,724	157,080	-225,10	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
4,00	705,00	772,07	2,350	1,237	1,022	Dengan Tul. Geser	-67,069	157,080	-730,72	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
5,00	587,50	585,75	1,893	0,955	0,928	Dengan Tul. Geser	-8,253	157,080	-5,938,36	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
6,00	470,00	484,38	1,508	0,744	0,762	Dengan Tul. Geser	5,623	157,080	8,716,29	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
7,00	352,50	357,58	1,130	0,573	0,557	Dengan Tul. Geser	-5,065	157,080	-9,638,62	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
8,00	235,00	261,59	0,753	0,452	0,301	Dengan Tul. Geser	-46,894	157,080	-1,045,09	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
9,00	117,50	261,59	0,377	0,452	-0,075	Tanpa Tul. Geser	-154,394	157,080	-298,12	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75
10,00	0,00	261,59	0,000	0,452	-0,452	Tanpa Tul. Geser	-261,694	157,080	-173,66	471,239	245,584	199,561	O.K.	657,75

$s \leq 3d = 975 \text{ mm}$
 $s \leq d/2 = 520 \text{ mm}$
 $s \leq 600 \text{ mm}$
 $s \leq Avfy/dVs$
 $s \leq \frac{160000 \cdot fy}{b \cdot \rho_v}$

Keterangan



Tabel 4-6.b Perhitungan Geser - Lentur Balok Tampang I

x (m)	M _o (kN·m)	V _o (kN)	f _d (MPa)	e (mm)	f _{pe} (MPa)	N _{cr} (kN·m ⁻¹)	M _{maks} (kN·m)	V _i (kN)	V _i *M _{cr} /M _m (kN)	d (mm)	V _{ci} (kN)	V _{ci} min	f _{oc} (MPa)	V _p (kN)	V _{ov} (kN)	V _c (kN)
0,74	242,36	317,52	0,87	89,41	8,44	4.631,75	430,88	524,48	6.068,20	1.184,00	6.528,00	406,51	7,11	426,72	2.240,64	2.240,64
1,00	324,00	310,50	1,17	105,05	8,68	4.610,93	576,00	552,00	4.418,81	1.184,00	4.871,58	406,51	7,11	422,15	2.236,07	2.236,07
2,00	621,00	283,50	2,24	166,59	9,58	4.535,17	1.104,00	504,00	2.070,40	1.184,00	2.496,16	406,51	7,11	404,56	2.218,48	2.218,48
3,00	691,00	256,50	3,21	221,63	10,39	4.466,30	1.684,00	456,00	1.265,75	1.184,00	1.684,53	406,51	7,11	366,97	2.200,89	1.684,53
4,00	1.134,00	229,50	4,09	271,17	11,13	4.404,32	2.016,00	456,00	691,35	1.184,00	1.263,13	406,51	7,11	369,38	2.183,30	1.263,13
5,00	1.350,00	202,50	4,87	315,20	11,76	4.349,22	2.400,00	360,00	652,38	1.184,00	997,16	406,51	7,11	351,79	2.165,71	997,16
6,00	1.539,00	175,50	5,55	353,73	12,35	4.301,01	2.736,00	312,00	490,47	1.184,00	806,24	406,51	7,11	334,20	2.148,12	806,24
7,00	1.701,00	148,50	6,14	386,75	12,84	4.259,89	3.024,00	264,00	371,88	1.184,00	662,66	406,51	7,11	316,61	2.130,53	662,66
8,00	1.836,00	121,50	6,62	414,27	13,25	4.225,26	3.264,00	216,00	279,61	1.184,00	543,39	406,51	7,11	299,02	2.112,94	543,39
9,00	1.944,00	94,50	7,01	436,29	13,57	4.197,71	3.456,00	168,00	204,06	1.184,00	440,83	406,51	7,11	281,43	2.095,36	440,83
10,00	2.025,00	67,50	7,31	452,60	13,82	4.177,05	3.600,00	120,00	139,23	1.184,00	349,01	406,51	7,11	263,84	2.077,77	406,51
11,00	2.079,00	40,50	7,50	463,81	13,96	4.163,28	3.696,00	72,00	81,10	1.184,00	263,88	406,51	7,11	246,25	2.060,19	406,51
12,00	2.106,00	13,50	7,60	469,31	14,06	4.156,39	3.744,00	24,00	26,64	1.184,00	162,43	406,51	7,11	228,66	2.042,59	406,51

*) V_c diambil dari V_{ov} dan V_{ci} yang bernilai kecil



bentang konstruksi = 25 m
 beban mati = 20 kN/m
 beban hidup = 15 kN/m
 b. s. (taksir) = 27 kN/m
 Te = Pe = 6391500 N
 Ic = 2,05E+11 mm⁴
 Ac = 898400 mm²
 ct = 740 mm
 cb = 740 mm
 St = 2,77E+06 mm³
 Sb = 2,77E+06 mm³
 h = 1480 mm
 ts = 400 mm
 b = 800 mm
 bw = 360 mm
 fc = 40 MPa
 fy nomprg = 300 MPa
 fou = 1700 MPa
 Pe = 6391500,2 N
 Aps = 6891,87 mm²
 TerTu = 0,545528 > 0,4

TAMPANG I SYMETRIS

Tabel 4-6.a Perhitungan Geser Metode Alternatif ACI-1977 *

X (m)	Vu (kN)	Mu (kN-m)	a (mm)	d (mm)	Vur dMu (MPa)	vc (MPa)	Batas awal vc	Batas Akhir vc	Ket.	Vc (kN)
0,74	945,50	721,69	59,41	1184,00	1,55	8,07	1,05	2,53	NO	1.136,22
1,00	924,60	964,30	106,05	1184,00	1,13	5,99	1,05	2,53	NO	1.136,22
2,00	844,20	1849,20	166,59	1184,00	0,64	3,02	1,05	2,53	NO	1.136,22
3,00	763,80	2.653,20	221,63	1184,00	0,34	2,02	1,05	2,53	O.K.	909,05
4,00	683,40	3.376,80	271,17	1184,00	0,24	1,51	1,05	2,53	O.K.	661,32
5,00	603,00	4.020,00	315,20	1184,00	0,16	1,20	1,05	2,53	O.K.	541,81
6,00	522,60	4.582,80	353,73	1184,00	0,12	0,99	1,05	2,53	NO	474,26
7,00	442,20	5.065,20	385,75	1184,00	0,10	0,83	1,05	2,53	NO	474,26
8,00	361,80	5.467,20	412,27	1184,00	0,08	0,71	1,05	2,53	NO	474,26
9,00	281,40	5.788,80	436,29	1184,00	0,06	0,60	1,05	2,53	NO	474,26
10,00	201,00	6.030,00	452,80	1184,00	0,04	0,51	1,05	2,53	NO	474,26
11,00	120,60	6.190,80	463,81	1184,00	0,02	0,43	1,05	2,53	NO	474,26
12,00	40,20	6.271,20	469,31	1184,00	0,01	0,35	1,05	2,53	NO	474,26

* Perhitungan ini dilakukan jika TerTu > 0,4



Tabel 4-6.c Analisa Pemakaian Tulangan Geser

x (m)	V _u φ (kN)	V _c (MPa)	V _u < 1000 (0,8*β _w *d) (MPa)	V _c < 1000 (2*β _w *d) (MPa)	v _u < 0,65 -v _c / 4	Keterangan	ΔV _s perlu = V _u < 0,65 - V _c (kN)	A _v (Luas tul.) mm ²	s = A _v *f _y /d / V _s mm	s max = 3*A _v *f _y /b*w mm	S (mm) 150	dipakai s terkecil mm	V _s sedia (kN)	Kes. V _s sedia > V _s perlu	V _s sedia < $\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot \phi$ (kN)
0,74	1.575,84	2.240,84	3.502	2.490	1,012	Dengan Tul. Geser	-864,804	226,195	-120,65	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
1,00	1.541,00	2.236,07	3.425	2.485	0,940	Dengan Tul. Geser	-695,071	226,195	-115,59	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
2,00	1.407,00	2.218,48	3.127	2.465	0,662	Dengan Tul. Geser	-811,481	226,195	-99,01	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
3,00	1.273,00	1.684,55	2.829	1.872	0,957	Dengan Tul. Geser	-411,531	226,195	-195,23	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
4,00	1.139,00	1.263,13	2.532	1.404	1,128	Dengan Tul. Geser	-124,127	226,195	-647,27	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
5,00	1.005,00	997,16	2.234	1.108	1,126	Dengan Tul. Geser	7,639	226,195	102,487	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
5,00	871,00	808,24	1.936	0.898	1,038	Dengan Tul. Geser	62,758	226,195	1.280,26	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
7,00	737,00	662,66	1.638	0.736	0,902	Dengan Tul. Geser	74,345	226,195	1.080,70	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
8,00	603,00	543,39	1.340	0.604	0,736	Dengan Tul. Geser	59,610	226,195	1.347,33	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
9,00	469,00	440,63	1.042	0.490	0,553	Dengan Tul. Geser	28,167	226,195	2.852,38	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
10,00	335,00	406,51	0.745	0.452	0,293	Dengan Tul. Geser	-71,506	226,195	-1.123,80	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
11,00	201,00	406,51	0.447	0.452	-0,005	Tanpa Tul. Geser	-265,506	226,195	-392,96	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51
12,00	67,00	406,51	0.149	0.452	-0,303	Tanpa Tul. Geser	-339,266	226,195	-236,55	535,724	310,796	310,796	258,512	O.K.	948,51



s perlu < $\frac{3}{4} h = 1110$ mm
 s perlu < $\frac{d}{2} = 592$ mm
 s perlu < 600 mm
 s perlu < $A_v \cdot f_y \cdot d / V_s$
 s perlu < $3 \cdot A_v \cdot f_y / b \cdot w$
 s perlu < $\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{4 \cdot V_s}$
 s perlu < $\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{4 \cdot V_s}$

Keterangan:

tinjauan setengah bentang dihitung tiap 1 meter jarak, didapat kapasitas momen tampang I hasilnya lebih besar daripada tampang T, sehingga bila dilihat dari hasil tinjauan lenturnya maka untuk tampang I lebih kuat dibanding tampang T. Sedangkan pada tinjauan perencanaan tulangan geser balok, justru terjadi pada keadaan sebaliknya, pada tampang T kekuatan beton dalam menahan geser lebih besar dibandingkan dengan tampang I. Keadaan ini berpengaruh terhadap jarak tulangan, dengan semakin besar kekuatan betonnya maka jarak tulangan yang dipakai semakin renggang, sehingga bila ditinjau dari segi ekonomis kebutuhan tulangan yang sedikit dapat menghemat biaya pengerjaan baik pengangkutan, pembungkusan (*sheathing*), maupun *grouting* serta efisiensi kerja, asal masih memenuhi batas-batas keamanan.

Tabel 5-1 Hasil Perbandingan Tampang I dan T

Uraian	Panjang Bentang					
	16 m		20 m		25 m	
	T	I	T	I	T	I
Luas Beton (Ac) mm ²	577400,00	485000,00	777400,00	656500,00	956400,00	898400,00
Momen Inersia (I) m ⁴	40604,12	59404,17	83359,19	120806,15	176033,18	205114,35
Luas Tampang Kabel (Aps), mm ²	3583,77	3716,50	4911,09	5043,83	5831,58	6891,87
Kuat Geser maks yang terjadi, kN	812,70	774,90	1107,44	1098,83	1584,55	1575,84
Kuat Geser Beton (Vc) Max, kN	1283,69	954,21	1903,44	1585,15	2567,80	2240,84