

PENYEDERHANAAN DESAIN TULANGAN LENTUR ELEMEN BALOK BETON BERTULANG BERDASARKAN SK SNI T-15- 1991-03

by Pujo Priyono

Submission date: 08-Apr-2021 10:55AM (UTC+0800)

Submission ID: 1553319286

File name: LEMEN_BALOK_BETON_BERTULANG_BERDASARKAN_SK_SNI_T-15-1991-03.docx (407.69K)

Word count: 1908

Character count: 10827

PENYEDERHANAAN DESAIN TULANGAN LENTUR ELEMEN BALOK BETON BERTULANG BERDASARKAN SK SNI T-15-1991-03

Pujo priyono *)

Abstrak

Metode desain tulangan lentur elemen balok beton bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, selalu dilakukan dengan cara “ dicoba dan disesuaikan”, yang mana merupakan tahapan yang sangat melelahkan. Tahapan desain tersebut sering dihadapi oleh para perencana beton bertulang. Telah dilakukan beberapa usaha penyederhanaan oleh beberapa penulis terdahulu, namun belum tercapai suatu format yang dapat digunakan secara umum.

Studi ilmiah ini bertujuan untuk menyederhanakan metode desain tulangan lentur elemen balok beton bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 dengan membuat suatu format tuntunan agar para perencana beton bertulang dapat dengan mudah dan cepat memakainya.

Metode studi ilmiah ini adalah mengolah kembali rumus – rumus dasar teori lentur beton bertulang agar dapat menurunkan perusuan la dapat digunakan secara umum.

Hasil studi menunjukkan bahwa untuk desain tulangan lentur elemen balok beton bertulang dapat mempunyai suatu perumusan umum dan dapat dibuat tabel – tabel yang dapat digunakan untuk semua jenis mutu baja, dan mutu beton yang lebih kecil atau sama dengan 30 Mpa.

Kata – kata kunci :

Desain tulangan lentur, SK SNI T-15-1991-03, penyederhanaan metode desain, rumus umum, tabel, balok, mutu baja, mutu beton.

PENDAHULUAN

Tahapan desain luas tulangan lentur elemen balok beton bertulang bagi para perencana beton bertulang adalah merupakan tahapan yang seri kali dilakukan.

Dengan telah diterbitkannya Surat Keputusan SNI T-15-1991-03 tentang Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, para perencana harus dihadapkan pada permasalahan perubahan kebiasaan alur pemikiran dalam tahapan desain luas tulangan lentur yang telah lama dialami, yaitu dengan menggunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI'71). Sehingga sampai saat ini, para perencana masih merasa kesulitan untuk mengetrapkan metode desain luas tulangan lentur elemen balok beton bertulang yang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 tersebut, yang mana membutuhkan suatu tahapan analitis “dicoba dan disesuaikan” yang relatif melelahkan.

Oleh vis dan gideon (1990) telah membuat tabel dan grafik untuk tujuan mempermudah desain tulangan lentur untuk balok dan kolom beton bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, namun belum bisa digunakan untuk kasus secara umum.

Untuk itu perlu dibuat format tuntunan yang berupa tabel, sebagai alat bantu untuk menyederhanakan tahap desain luas tulangan lentur pada elemen balok bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.

Studi pustaka

1. Metode Perencanaan dan Format Keamanan SK SNI T-15-1991-03

Metode perencanaan yang digunakan pada SK SNI T-15-1991-03 adalah metode kekuatan batas. Sedangkan format keamanan yang digunakan adalah menganut konsep “Load and Resistance Faktor Design “, yaitu struktur akan aman apabila dalam keadaan batas memenuhi persamaan :

$$\text{Kuat rencana} \geq \text{Kuat perlu}$$

atau,

$$\phi R_n \geq U$$

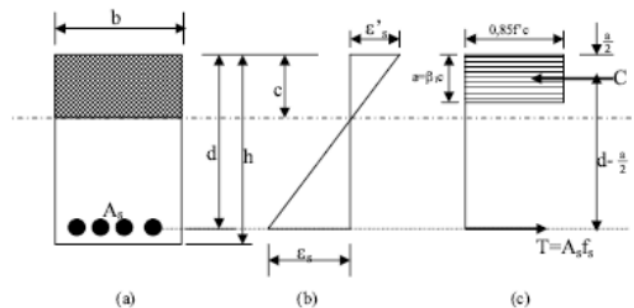
2. Asumsi – asumsi

Asumsi – asumsi dasar dalam rangka pengevaluasian kekuatan nominal penampang balok beton bertulang terhadap lentur sebagai berikut : (Nawy, 1985)

1. Distribusi regangannya linier di seluruh tinggi penampang, sesuai asumsi Bernoulli.
2. Tidak ada gesekan antara beton dan tulangan baja.
3. Regangan beton maksimum yang diijinkan pada keadaan gagal sebesar $0,003$ mm/mm.
4. Kekuatan tarik beton diabaikan.

a. Distribusi tegangan persegi Whitney

Distribusi tegangan tekan untuk tujuan desain praktis oleh Whitney (1942) adalah diusulkan agar digunakan blok tegangan segiempat ekuivalen (seperti Gambar 1.c) yang dapat digunakan untuk menghitung gaya tekan.



Gambar 1. Desain tegangan dan regangan pada penampang balok: (a) penampang melintang balok; (b) regangan; (c) blok tegangan ekuivalen yang diasumsikan.

b. Kekuatan penampang balok bertulang tunggal

Memperhatikan gambar 1.c dan dengan menggunakan hukum kesetimbangan, diperoleh :

$$C = T$$
$$0,85 f_c' b a = A_s f_y$$

atau,

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

Momen tahanan penampang, yaitu kekuatan nominal M_n , dapat ditulis :

$$M_n = A_s f_y (d - 1/2a)$$

c. Ragam kegagalan material pada balok

Terdapat tiga kegagalan material pada elemen balok beton bertulang:

1. Kegagalan “balanced”. Tulangan tarik mulai leleh ($\epsilon_y = f_y / E_s$) tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya ($\epsilon_c = 0,003$).
2. Penampang “overreinforced”. Kegagalan yang ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada saat awalnya kegagalan, regangan baja ϵ_s yang terjadi masih lebih kecil dari ϵ_y .

21

3. Penampang “under-reinforced”. Kegagalan yang ditandai dengan lelehnya tulangan baja. Pada saat awalnya kegagalan, regangan beton yang tertekan lebih kecil dari 0,003.

d. Rasio tulangan maksimum dan minimum

Agar terjamin sebuah keruntuhan yang duktile, yaitu suatu kondisi keruntuhan “under-reinforced” SK SNI T-15-1991-03 mensyaratkan agar:

$$\rho_{maks} \leq 0,75\rho_b$$

dimana ρ_b = angka penulangan “balanced”

$$= \frac{0,85\beta_1 f'_c \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

dengan $\beta_1 = 0,85$ untuk $f'_c \leq 30$ MPa.

Sedangkan rasio tulangan minimum disyaratkan agar :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f'_c}$$

METODOLOGI

Metode studi ilmiah ini pada dasarnya mengolah kembali rumus – rumus dasar tentang teori kekuatan penampang elemen balok beton bertulang yang telah diturunkan oleh beberapa penulis sebelumnya agar mendapatkan sebuah rumusan lain yang dapat digunakan secara umum dengan tujuan dapat dibuat suatu tabel yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mempermudah dan menyederhanakan desain luas tulangan lenturnya.

Untuk tujuan tersebut diatas, harus dibentuk suatu parameter – parameter yang dapat menyimpan sifat – sifat penampang dan material elemen balok beton bertulang, seperti mutu baja (f_y) dan mutu beton (f'_c) yang selalu bervariasi. Kemudian hasil dari parameter – parameter tersebut ditabelkan dengan suatu format tertentu.

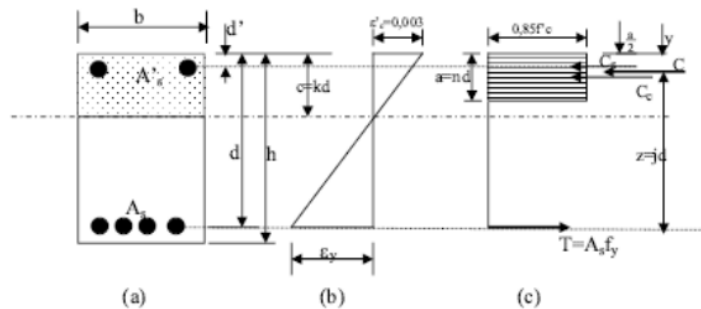
Sebagai uji kebenaran dan keakuratan terhadap tabel yang telah dibuat, diperlukan beberapa uji coba dengan cara membuat beberapa contoh pemakaian yang diselesaikan dengan bantuan tabel tersebut, kemudian dikontrol dengan metode analitis (tanpa tabel).

HASIL STUDI

Penurunan rumus

Memperhatikan pada gambar 2., dapat dibuat koefisien – koefisien dasar sebagai berikut :

$$n = a/d = \beta_1 c/d; k = c/d = n/\beta_1; \phi = \epsilon_s/\epsilon_c; \phi' = \epsilon'_s/\epsilon_c; j = z/d; \delta = A'_s/A_s$$



Gambar 2. Distribusi tegangan dan regangan untuk tujuan perumusan rumus : (a) Penampang ; (b) Regangan; (c) Tegangan.

Dari perbandingan diagram regangan (gambar 2.b), diperoleh :

$$\phi = (1-k)/k; \phi' = [k - (\epsilon'_c/\epsilon_c)]/k$$

Pada uraian ini selalu diabaikan pengurangan luas beton oleh luas tulangan tekan (nawy, 1985) dan juga 371 lu menganggap bahwa tulangan tekan telah leleh. Dari kesetimbangan gaya : $T_s = C_c + C_s$, dimana $T_s = A_s f_y$; $C_c = 0,85 f'_c$ ba dan $C_s = A'_s f_y$, diperoleh :

$$q = \frac{A_s f_y}{f'_c b d} = \frac{0,85 n}{(1-\delta)} \dots \dots \dots (1),$$

Untuk tulangan tunggal berlaku $A'_s = 0$ dan $\delta = 0$, sehingga Pers. (1) menjadi : $q = 0,85 n$
 Jarak titik tangkap resultane gaya C terhadap tepi balok yang tertekan yang dinyatakan dengan y (Gambar 2.c), yang mana ditentukan oleh persamaan:

$$y = \delta d' + \frac{1}{2} (1-\delta) a = \delta d' + \frac{1}{2} (1-\delta) n d$$

Lengan momen dalam adalah : $z = jd = d - y = d \{ [1 - \delta(d'/d)] - \frac{1}{2} (1-\delta) n \}$

Bila tulangan tunggal, $A'_s = 0$ dan $\delta = 0$, maka $j = 1 - \frac{1}{2} n$

Kesetimbangan momen mensyaratkan bahwa $M_n = T_s z$, yang memberikan:

$$M_n = A_s f_y j d \dots \dots \dots (2)$$

Karena $n = q(1-\delta)/0,85$ (dari Pers. (1), maka setelah dengan penguraian lebih lanjut,

Pers(2) berubah menjadi:

$$R_m = \frac{M_n}{f'_c b d^2} = \frac{q}{0,85} (1-\delta) \left[-\frac{q}{1,7} (1-\delta) + 1 \right] + \frac{q}{0,85} \delta \left(1 - \frac{d'}{d} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Dari Pers. (1) dan Pers. (2) dapat diperoleh luas tulangan tarik yang memberikan :

$$A_s = q \frac{f'_c b d}{f_y} = \frac{M_n}{j d f_y} \dots \dots \dots (4)$$

Dari penurunan rumus – rumus diatas dapat dilia, bahwa apabila n dan δ serta $\frac{d'}{d}$ diketahui, maka koefisien – koefisien penampang k; ϕ ; ϕ' ; q; j dan R_m dapat ditentukan dan dibuat suatu tabel untuk menghubungkan nilai – nilai koefisien penampang tersebut.

Hasil – hasil tabel

Disini ditampilkan cuplikan tabel – tabel yang telah dibuat untuk $f'c \leq 30$ Mpa.

i. Tabel-1. Koefisien – koefisien penampang beton bertulang dengan $\delta = 0,0$.

n	k	ϕ	q	j	Rm
0,130	0,153	5,538	0,11050	0,935	0,103
0,133	0,156	5,391	0,11305	0,934	0,106
0,135	0,159	5,296	0,11475	0,933	0,107
0,138	0,162	5,159	0,11730	0,931	0,109
0,140	0,165	5,071	0,11900	0,930	0,111
0,143	0,168	4,944	0,12155	0,929	0,113
0,145	0,171	4,862	0,12325	0,928	0,114
0,148	0,174	4,743	0,12580	0,926	0,116
0,150	0,176	4,667	0,12750	0,925	0,118
0,153	0,180	4,556	0,13005	0,924	0,120
0,155	0,182	4,484	0,13175	0,923	0,122
0,158	0,186	4,380	0,13430	0,921	0,124
0,430	0,506	0,977	0,36550	0,785	0,287
0,433	0,509	0,963	0,36805	0,784	0,288
0,435	0,512	0,954	0,36975	0,783	0,289
0,438	0,515	0,941	0,37230	0,781	0,291
0,440	0,518	0,932	0,37400	0,780	0,292
0,443	0,521	0,919	0,37655	0,779	0,293
0,445	0,524	0,910	0,37825	0,778	0,294
0,448	0,527	0,897	0,38080	0,776	0,296
0,450	0,529	0,889	0,38250	0,775	0,296
0,453	0,533	0,876	0,38505	0,774	0,298
0,455	0,535	0,868	0,38675	0,773	0,299
0,458	0,539	0,856	0,38930	0,771	0,300

ii. Tabel-2. Koefisien – koefisien penampang beton bertulang dengan $\delta = 0,2$.

n	k	ϕ	ϕ'			q	j			Rm		
			d'/d				d'/d			d'/d		
			0,1	0,15	0,2		0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2
0,300	0,353	1,833	0,717	0,575	0,433	0,31875	0,860	0,850	0,840	0,274	0,271	0,268
0,303	0,356	1,805	0,719	0,579	0,439	0,32194	0,859	0,849	0,839	0,276	0,273	0,270
0,305	0,359	1,787	0,721	0,582	0,443	0,32406	0,858	0,848	0,838	0,278	0,275	0,272
0,308	0,362	1,760	0,724	0,586	0,448	0,32725	0,857	0,847	0,837	0,280	0,277	0,274
0,310	0,365	1,742	0,726	0,589	0,452	0,32938	0,856	0,846	0,836	0,282	0,279	0,275
0,313	0,368	1,716	0,728	0,593	0,457	0,33256	0,855	0,845	0,835	0,284	0,281	0,278

0,315	0,371	1,698	0,730	0,595	0,460	0,33469	0,854	0,844	0,834	0,286	0,282	0,279
0,318	0,374	1,673	0,733	0,599	0,465	0,33788	0,853	0,843	0,833	0,288	0,285	0,281
0,320	0,376	1,656	0,734	0,602	0,469	0,34000	0,852	0,842	0,832	0,290	0,286	0,283
0,323	0,380	1,632	0,737	0,605	0,474	0,34319	0,851	0,841	0,831	0,292	0,289	0,285
0,325	0,382	1,615	0,738	0,608	0,477	0,34531	0,850	0,840	0,830	0,294	0,290	0,287
0,328	0,386	1,591	0,741	0,611	0,482	0,34850	0,849	0,839	0,829	0,296	0,292	0,289
0,330	0,388	1,576	0,742	0,614	0,485	0,35063	0,848	0,838	0,828	0,297	0,294	0,290
0,333	0,392	1,553	0,745	0,617	0,489	0,35381	0,847	0,837	0,827	0,300	0,296	0,293
0,335	0,394	1,537	0,746	0,619	0,493	0,35594	0,846	0,836	0,826	0,301	0,298	0,294
0,338	0,398	1,515	0,749	0,623	0,497	0,35913	0,845	0,835	0,825	0,303	0,300	0,296
0,340	0,400	1,500	0,750	0,625	0,500	0,36125	0,844	0,834	0,824	0,305	0,301	0,298
0,343	0,404	1,478	0,752	0,628	0,504	0,36444	0,843	0,833	0,823	0,307	0,304	0,300
0,345	0,406	1,464	0,754	0,630	0,507	0,36656	0,842	0,832	0,822	0,309	0,305	0,301
0,348	0,409	1,443	0,756	0,634	0,511	0,36975	0,841	0,831	0,821	0,311	0,307	0,303

iii. Tabel -3. Koefisien – koefisien penampang beton bertulang dengan $\delta = 0,4$.

n	k	ϕ	ϕ'			q	j			Rm		
			d'/d				d'/d			d'/d		
			0,1	0,15	0,2		0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2
0,130	0,153	5,538	0,346	0,019	-0,308	0,18417	0,921	0,901	0,881	0,170	0,166	0,162
0,133	0,156	5,391	0,361	0,041	-0,278	0,18842	0,920	0,900	0,880	0,173	0,170	0,166
0,135	0,159	5,296	0,370	0,056	-0,259	0,19125	0,920	0,900	0,880	0,176	0,172	0,168
0,138	0,162	5,159	0,384	0,076	-0,232	0,19550	0,919	0,899	0,879	0,180	0,176	0,172
0,140	0,165	5,071	0,393	0,089	-0,214	0,19833	0,918	0,898	0,878	0,182	0,178	0,174
0,143	0,168	4,944	0,406	0,108	-0,189	0,20258	0,917	0,897	0,877	0,186	0,182	0,178
0,145	0,171	4,862	0,414	0,121	-0,172	0,20542	0,917	0,897	0,877	0,188	0,184	0,18
0,148	0,174	4,743	0,426	0,139	-0,149	0,20967	0,916	0,896	0,876	0,192	0,188	0,184
0,150	0,176	4,667	0,433	0,150	-0,133	0,21250	0,915	0,895	0,875	0,194	0,190	0,186
0,153	0,180	4,556	0,444	0,167	-0,111	0,21675	0,914	0,894	0,874	0,198	0,194	0,189
0,155	0,182	4,484	0,452	0,177	-0,097	0,21958	0,914	0,894	0,874	0,201	0,196	0,192
0,158	0,186	4,380	0,462	0,193	-0,076	0,22383	0,913	0,893	0,873	0,204	0,200	0,195
0,290	0,341	1,931	0,707	0,560	0,414	0,41083	0,873	0,853	0,833	0,359	0,350	0,342
0,293	0,345	1,901	0,710	0,565	0,420	0,41508	0,872	0,852	0,832	0,362	0,354	0,345
0,295	0,347	1,881	0,712	0,568	0,424	0,41792	0,872	0,852	0,832	0,364	0,356	0,347
0,298	0,351	1,852	0,715	0,572	0,430	0,42217	0,871	0,851	0,831	0,368	0,359	0,351
0,300	0,353	1,833	0,717	0,575	0,433	0,42500	0,870	0,850	0,830	0,370	0,361	0,353
0,303	0,356	1,805	0,719	0,579	0,439	0,42925	0,869	0,849	0,829	0,373	0,364	0,356
0,305	0,359	1,787	0,721	0,582	0,443	0,43208	0,869	0,849	0,829	0,375	0,367	0,358
0,308	0,362	1,760	0,724	0,586	0,448	0,43633	0,868	0,848	0,828	0,379	0,370	0,361

iv. Tabel -4. Koefisien – koefisien penampang beton bertulang dengan $\delta = 0,6$.

n	k	ϕ	ϕ'			q	j			Rm		
			d'/d				d'/d			d'/d		
			0,1	0,15	0,2		0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2
0,130	0,153	5,538	0,346	0,019	-0,308	0,27625	0,914	0,884	0,854	0,252	0,244	0,236
0,133	0,156	5,391	0,361	0,041	-0,278	0,28263	0,913	0,883	0,853	0,258	0,25	0,241
0,135	0,159	5,296	0,370	0,056	-0,259	0,28688	0,913	0,883	0,853	0,262	0,253	0,245
0,138	0,162	5,159	0,384	0,076	-0,232	0,29325	0,912	0,882	0,852	0,268	0,259	0,25
0,140	0,165	5,071	0,393	0,089	-0,214	0,29750	0,912	0,882	0,852	0,271	0,262	0,253
0,143	0,168	4,944	0,406	0,108	-0,189	0,30388	0,911	0,881	0,851	0,277	0,268	0,259
0,145	0,171	4,862	0,414	0,121	-0,172	0,30813	0,911	0,881	0,851	0,281	0,271	0,262
0,148	0,174	4,743	0,426	0,139	-0,149	0,31450	0,910	0,880	0,850	0,286	0,277	0,267
0,150	0,176	4,667	0,433	0,150	-0,133	0,31875	0,910	0,880	0,850	0,290	0,281	0,271
0,153	0,180	4,556	0,444	0,167	-0,111	0,32513	0,909	0,879	0,849	0,296	0,286	0,276
0,155	0,182	4,484	0,452	0,177	-0,097	0,32938	0,909	0,879	0,849	0,299	0,29	0,28
0,158	0,186	4,380	0,462	0,193	-0,076	0,33575	0,908	0,878	0,848	0,305	0,295	0,285
0,290	0,341	1,931	0,707	0,560	0,414	0,61625	0,882	0,852	0,822	0,544	0,525	0,507
0,293	0,345	1,901	0,710	0,565	0,420	0,62263	0,881	0,851	0,821	0,549	0,53	0,511
0,295	0,347	1,881	0,712	0,568	0,424	0,62688	0,881	0,851	0,821	0,552	0,533	0,515
0,298	0,351	1,852	0,715	0,572	0,430	0,63325	0,880	0,850	0,820	0,558	0,539	0,52
0,300	0,353	1,833	0,717	0,575	0,433	0,63750	0,880	0,850	0,820	0,561	0,542	0,523
0,303	0,356	1,805	0,719	0,579	0,439	0,64388	0,879	0,849	0,819	0,566	0,547	0,528
0,305	0,359	1,787	0,721	0,582	0,443	0,64813	0,879	0,849	0,819	0,570	0,55	0,531
0,308	0,362	1,760	0,724	0,586	0,448	0,65450	0,878	0,848	0,818	0,575	0,555	0,536

v. Tabel -5. Koefisien – koefisien penampang beton bertulang dengan $\delta = 0,8$.

n	k	ϕ	ϕ'			q	j			Rm		
			d'/d				d'/d			d'/d		
			0,1	0,15	0,2		0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2
0,140	0,165	5,071	0,393	0,089	-0,214	0,59500	0,906	0,866	0,826	0,539	0,515	0,491
0,143	0,168	4,944	0,406	0,108	-0,189	0,60775	0,906	0,866	0,826	0,550	0,526	0,502
0,145	0,171	4,862	0,414	0,121	-0,172	0,61625	0,906	0,866	0,826	0,558	0,533	0,509
0,148	0,174	4,743	0,426	0,139	-0,149	0,62900	0,905	0,865	0,825	0,569	0,544	0,519
0,150	0,176	4,667	0,433	0,150	-0,133	0,63750	0,905	0,865	0,825	0,577	0,551	0,526
0,153	0,180	4,556	0,444	0,167	-0,111	0,65025	0,905	0,865	0,825	0,588	0,562	0,536
0,155	0,182	4,484	0,452	0,177	-0,097	0,65875	0,905	0,865	0,825	0,596	0,569	0,543
0,158	0,186	4,380	0,462	0,193	-0,076	0,67150	0,904	0,864	0,824	0,607	0,58	0,553
0,290	0,341	1,931	0,707	0,560	0,414	1,23250	0,891	0,851	0,811	1,098	1,049	1,000
0,293	0,345	1,901	0,710	0,565	0,420	1,24525	0,891	0,851	0,811	1,109	1,059	1,010
0,295	0,347	1,881	0,712	0,568	0,424	1,25375	0,891	0,851	0,811	1,116	1,066	1,016
0,298	0,351	1,852	0,715	0,572	0,430	1,26650	0,890	0,850	0,810	1,127	1,077	1,026
0,300	0,353	1,833	0,717	0,575	0,433	1,27500	0,890	0,850	0,810	1,135	1,084	1,033
0,303	0,356	1,805	0,719	0,579	0,439	1,28775	0,890	0,850	0,810	1,146	1,094	1,043
0,305	0,359	1,787	0,721	0,582	0,443	1,29625	0,890	0,850	0,810	1,153	1,101	1,049
0,308	0,362	1,760	0,724	0,586	0,448	1,30900	0,889	0,849	0,809	1,164	1,112	1,059
0,310	0,365	1,742	0,726	0,589	0,452	1,31750	0,889	0,849	0,809	1,171	1,119	1,066
0,313	0,368	1,716	0,728	0,593	0,457	1,33025	0,889	0,849	0,809	1,182	1,129	1,076
0,315	0,371	1,698	0,730	0,595	0,460	1,33875	0,889	0,849	0,809	1,189	1,136	1,082
0,318	0,374	1,673	0,733	0,599	0,465	1,35150	0,888	0,848	0,808	1,200	1,146	1,092

Cara Penggunaan Tabel

pada perencanaan lu_a tulangan, yaitu diketahui ukuran dari penampang (b,h,d dan d'), momen lentur (M_u) dan mutu beton (f'_c) serta mutu baja tulangan (f_y). Langkah pertama adalah menaksir berapa besarnya δ , selanjutnya dihitung nilai R_m (sesuai Pers.(3)). Dengan bantuan tabel dengan δ dan R_m serta rasio (d'/d) dapat dicari harga koefisien – kofien k, ϕ , ϕ' , j dan q. Koefisien ϕ dan ϕ' digunakan untuk menghitung masing – masing regangan tulangan tarik (ϵ_s) dan tekan (ϵ'_s) yang terjadi, yang harus lebih besar atau sama dengan regangan leleh bahan tulangan

$$(\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}).$$

koefisien q langsung menentukan luas tulangan tarik (A_s) sesuai Pers. (4). Nilai q harus memenuhi syarat : $q_{min} \leq q \leq q_{maks}$, dimana :

$$\text{sedangkan, } q_{min} = \rho_{min} \frac{f_y}{f'_c} = \frac{1,4}{f'_c}$$

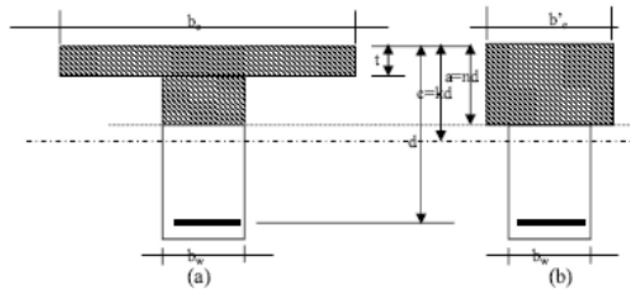
$$q_{maks} = \frac{0,6375\beta_1}{(1-\delta)} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Luas tulangan tekan dapat ditentukan dari hubungan bahwa A's = δ A_s.

Pada pe_aeriksaan kekuatan penampang, yang diketahui adalah ukuran penampang (b,h,d dan d'), mutu beton (f'_c) dan mutu baja (f_y), luas tulangan tarik (A_s) dan tekan (A's) serta rasio luas tulangan δ . Dengan bantuan tabel, dengan memperhatikan nilai q dan δ serta (d'/d) dapat dicari k, j, ϕ , ϕ' serta R_m. Bila persyaratan- persyaratan koefisien penampang sudah terpenuhi, yaitu tulangan tarik dan tekan leleh, nilai q diantara q_{min} dan q_{maks}, maka kekuatan penampang dapat ditentukan dengan menggunakan Pers. (4).

Untuk kasus balok lentur yang berpenampang T, dalam analisis penampangnya dibedakan atas:

1. Kasus balok T-palsu, yaitu bilamana garis netral terletak di sayap balok. ($k \leq \frac{t}{\beta_t d}$). Dan analisis balok tersebut dapat dianggap sebagai balok persegi, dengan menggunakan lebar balok adalah sebesar lebar efektif balok T, b_e .
2. Kasus balok T-murni, yaitu bilamana garis netral terletak di badan balok ($k \leq \frac{t}{\beta_t d}$).



Gambar 3. Ekuivalensi penampang balok T.

Dan analisis balok ini dapat dilakukan dengan ekuivalensi penampang, yaitu merubah penampang T yang sebenarnya (Gbr. 3a) menjadi penampang T-ekivalen (Gbr. 3b). Dengan membuat sama nilai gaya tekan pada kedua kondisi penampang, diperoleh

$$\text{nilai lebar efektif ekivalen, } b'_e = \frac{\beta_t k b_w + \frac{t b_w}{d} \left(\frac{b_f}{b_w} - 1 \right)}{\beta_t k}$$

Setelah diperoleh b'_e , perhitungan selanjutnya adalah balok persegi. Dengan bantuan tabel, maka langkah perhitungan adalah:

1. Ambil harga k sebarang (taksir dahulu = k_{taksir}), sehingga b'_e , dapat dicari.
2. dari tabel untuk nilai-nilai δ dan R_m yang diketahui, dapat dicari nilai k (k_{tabel}) yang nilainya harus mendekati k_{taksir} . Jika nilai k tidak mendekati k_{taksir} , maka taksir k lagi.

CONTOH-CONTOH ANALISIS

1. Perencanaan luas tulangan dimana hanya diperlukan tulangan tunggal.

10 **ketahui** : $M_u = 137,3 \text{ kN-m}$; $b = 300 \text{ mm}$; $h = 600 \text{ mm}$; $d = 550 \text{ mm}$; $d'/d = 0,1$

Mutu beton, $f'_c = 16,7 \text{ MPa}$; mutu baja, $f_y = 313,8 \text{ MPa}$.

Ditanyakan : Luas tulangan

Perhitungan :

Beton, $f'_c = 16,7 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa}$ ---> ok! (Tabel bisa digunakan)

Baja, $f_y = 313,8 \text{ MPa}$; $E_s = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}$

$$\phi_o = \frac{E_s}{E'_c} = \frac{313,8}{0,003 \times 2 \times 10^5} = 0,523 ; q_{\min} = \frac{1,4}{f'_c} = \frac{1,4}{16,7} = 0,08$$

$$q_{\max, \delta=0} = \frac{0,6375 \beta_1}{(1-\delta)} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,6375 \cdot 0,85}{(1-0,0)} \left(\frac{600}{600 + 313,8} \right) = 0,3536$$

$$R_m = \frac{M_u}{f'_c b d^2} = \frac{137,3 \times 10}{0,8 \times 16,7 \times 300 \times 550^2} = 0,113$$

Dari tabel 1 ($\delta = 0,0$) dengan nilai $d'/d = 0,1$, diperoleh:

$\phi = 4,944 > \phi_o \rightarrow$ ok! (tulangan tarik leleh)

$q = 0,12155 < q_{\max, \delta=0} \rightarrow$ ok! ("under-reinforced" dan hanya perlu tulangan tunggal)

$> q_{\min} \rightarrow$ ok!

$$\text{Tulangan: } A_s = q \frac{f'_c b d}{f_y} = 0,12155 \frac{16,7 \times 300 \times 550}{313,8} = 1067,34 \text{ mm}^2$$

Terhadap soal ini, telah dilakukan pengujian dengan menganalisis kemampuan penampang tersebut diatas tanpa menggunakan tabel dihasilkan $M_u = 136,83 \text{ kN-m}$ ($=137,3 \text{ kN-m}$, atau $0,3\%$ penyimpangan).

2. Perencanaan luas tulangan, dimana ternyata diperlukan tulangan rangkap.

Diketahui : $M_u = 320 \text{ kN-m}$; $b = 300 \text{ mm}$; $h=600 \text{ mm}$; $d = 550 \text{ mm}$; $d'/d = 0,1$
Mutu beton, $f_c = 15 \text{ MPa}$; mutu baja, $f_y = 320 \text{ MPa}$.

Ditanyakan : Luas tulangan

Perhitungan : Beton, $f_c = 15 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa}$ --> ok! (Tabel bisa digunakan)

Baja, $f_y = 320 \text{ MPa}$; $E_s = 2 \times 10^4 \text{ Mpa}$

$$\phi_o = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_c} = \frac{320}{0,003} = 0,533 ; q_{\min} = 1,4 / f_c = 1,4 / 15 = 0,093$$

$$q_{\max, \delta=0} = \frac{0,6375 \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{(1 - \delta)} = \frac{0,6375 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 320} \right)}{(1 - 0,0)} = 0,353$$

$$q_{\max, \delta=0,2} = \frac{0,6375 \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{(1 - \delta)} = \frac{0,6375 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 320} \right)}{(1 - 0,2)} = 0,442$$

$$R_m = \frac{M_u}{f_c b d^2} = \frac{320 \times 10^6}{0,8 \times 15 \times 300 \times 550^2} = 0,294, \text{ dengan nilai } d'/d = 0,1, \text{ bila:}$$

- Dari tabel 1 ($\delta=0,0$), diperoleh: $q = 0,37825 > q_{\max, \delta=0} \rightarrow$ no go! (membutuhkan tulangan rangkap).

- Dari tabel 2 ($\delta=0,2$), diperoleh: $q = 0,34531 < q_{\max, \delta=0,2} \rightarrow$ Ok!
 $> q_{\min} \rightarrow$ ok!
 $\phi' = 0,738 > \phi_o \rightarrow$ Ok! (tulangan tekan leleh)
 $\phi = 1,615 > \phi_o \rightarrow$ Ok! (tulangan tarik leleh)

Tulangan :

$$\text{Tulangan tarik: } A_s = q \frac{f_c b d}{f_y} = 0,34531 \frac{15 \times 300 \times 550}{320} = 2670,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan: } A'_s = 8A_s = 0,2 \times 2670,7 = 534,1 \text{ mm}^2$$

3. Analisis kapasitas momen lentur pada balok perpenampang persegi.

Diketahui : $A_s = 2264,42 \text{ mm}^2$; $A'_s = 905,77 \text{ mm}^2$; $b = 300 \text{ mm}$; $h = 605 \text{ mm}$; $d = 550 \text{ mm}$; $d' = 55 \text{ mm}$; $d'/d = 0,1$; mutu beton, $f_c = 15 \text{ MPa}$; mutu baja, $f_y = 240 \text{ MPa}$.

Ditanyakan : 19

Perhitungan : Beton, $f_c = 15 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa}$ --> ok!

Baja, $f_y = 240 \text{ MPa}$; $E_s = 2 \times 10^4 \text{ MPa}$

$$\phi_o = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_c} = \frac{240}{0,003} = 0,4 ; q_{\min} = 1,4 / f_c = 1,4 / 15 = 0,093$$

$$q_{\max} = \frac{0,6375 \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{(1 - \delta)} = \frac{0,6375 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 240} \right)}{(1 - 0,4)} = 0,645$$

$$q = \frac{A_s f_y}{f_c b d} = \frac{2264,42 \times 240}{15 \times 300 \times 550} = 0,21958 < q_{\max} \rightarrow$$

$> q_{\min} \rightarrow$ Ok!

dengan nilai $d'/d = 0,1$, dari tabel 3 ($\delta=0,4$), diperoleh:

$$j = 0,914$$

$$R_m = 0,201$$

$$\phi' = 0,452 > \phi_o \rightarrow$$
 Ok! (tulangan tekan leleh)

$$\phi = 4,484 > \phi_o \rightarrow$$
 Ok! (tulangan tarik leleh)

Kapasitas momen: $M_u = \phi M_n = \phi A_s f_y j d$; dimana $\phi =$ faktor reduksi $= 0,8$
 $= 0,8 \times 2264,42 \times 240 \times 0,914 \times 550 = 218558195,3 \text{ N-mm}$
 $= 218,56 \text{ kN-m}$

Terhadap soal ini telah dilakukan pengujian, kemampuan penampang yang bertulangan A_s dan A'_s , diatas tanpa menggunakan tabel dihasilkan $M_u = 218,44 \text{ kN-m}$ (= 218,56 kN-m, atau 0,05% penyimpangan).

4. Perencanaan luas tulangan pada balok berpenampang T.

13

Diketahui : $M_u = 750 \text{ kN-m}$; $b = 1050 \text{ mm}$; $b_w = 300 \text{ mm}$; $t = 100 \text{ mm}$; $h = 550 \text{ mm}$; $d = 500 \text{ mm}$;
 $\phi = 50 \text{ mm}$; $d'/d = 0,1$

Mutu beton, $f'_c = 13,5 \text{ MPa}$; mutu baja, $f_y = 320 \text{ MPa}$.

Ditanyakan : Luas tulangan

Perhitungan :

Beton, $f'_c = 15 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa} \rightarrow \text{ok!}$

$$\phi_o = \frac{e_y}{e'_c} = \frac{320 / 2 \times 10^3}{0,003} = 0,533$$

Syarat agar garis netral memotong sayap:

$$k \leq \frac{t}{0,85d} = \frac{100}{0,85 \times 500} = 0,235$$

$$R_m = \frac{M_u}{\phi f'_c b_w d^2} = \frac{750 \times 10^6}{0,8 \times 13,5 \times 1050 \times 500^2} = 0,264$$

Ambil $\delta = 0,4$ (dengan $d'/d = 0,1$), dari tabel-3 diperoleh:

$k = 0,245 > 0,235$, artinya garis netral memotong badan \rightarrow balok T-muni

Kita ambil $k = 0,25$ (berapa saja asalkan $> 0,235$)

$$b'_c = \frac{\beta_1 k b_w + \frac{t b_w}{d} \left(\frac{b_c}{b_w} - 1 \right)}{\beta_1 k} = 1005,9 \text{ mm}$$

$$R_m = \frac{M_u}{\phi f'_c b'_c d^2} = \frac{750 \times 10^6}{0,8 \times 13,5 \times 1005,9 \times 500^2} = 0,276$$

Ambil $\delta = 0,4$ (dengan $d'/d = 0,1$), dari tabel-3 diperoleh: |

$k = 0,256 \approx k_{\text{aktual}} = 0,25 \rightarrow \text{ok!}$, dan diperoleh juga:

$$q = 0,30883$$

$$\phi' = 0,610 > \phi_o \rightarrow \text{Ok! (tulangan tekan leleh)}$$

$$\phi = 2,899 > \phi_o \rightarrow \text{Ok! (tulangan tarik leleh)}$$

$$q_{\min} = \frac{1,4}{f'_c} = \frac{1,4}{13,5} = 0,10 < q \rightarrow \text{ok!}$$

$$q_{\max} = \frac{0,6375 \beta_1}{(1 - \delta)} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,6375 \cdot 0,85}{(1 - 0,4)} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,589 > q \rightarrow \text{ok!}$$

Tulangan:

$$\text{Tulangan tarik : } A_s = q \frac{f'_c b'_c d}{f_y} = 0,30883 \frac{13,5 \times 1005,9 \times 550}{320} = 6552,82$$

mm^2

$$\text{Tulangan tekan : } A'_s = \delta A_s = 0,4 \times 6552,82 = 2621,13 \text{ mm}^2$$

Telah dilakukan pengujian keakuratan, dengan cara menganalisis kemampuan penampang yang bertulangan A_s dan A'_s , diatas tanpa menggunakan tabel dihasilkan $M_u = 752,43 \text{ kN-m}$ (=750 kN-m, atau 0,3% penyimpangan).

KESIMPULAN

1. Pada studi ini telah diperoleh koefisien-koefisien dasar penampang yang dapat digunakan secara umum, yaitu: (i) $\phi = \epsilon_s / 0,003$; (ii) $\phi' = \epsilon'_s / 0,003$; (iii) $j =$ koefisien lengan momen dalam; (iv) $\delta = A'_s / A_s$; (v) $q = \frac{A_s f_y}{f'_c b d}$; (vi) $R_m = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$
2. Pengembangan lebih lanjut diperoleh: (vii) $q_{maks} = \frac{0,6375 \beta_1}{(1 - \delta)} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$; (viii) $q_{min} = \frac{1,4}{f'_c}$; (ix) lebar ekivalensi balok T-murni, $b'_c = \frac{\beta_1 k b_w + \frac{t b_w}{d} \left(\frac{b_c}{b_w} - 1 \right)}{\beta_1 k}$; (x) syarat balok T-palsu bila: $k \leq \frac{1}{\beta_1 d}$.

REFERENSI

ACI Code 318-83 *with Commentary*

Ferguson, P. (1973). *Reinforced Concrete Fundamentals*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Nawy, E.G. (1985). *Reinforced Concrete A Fundamental Approach*, Prentice Hall, Inc., New Jersey.

Park, R. dan R. Paulay. (1976). *Reinforced Concrete Structures*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI T-15-1991-03. (1991). Yayasan LPMB-Bandung.

Vis C. dan Gideon K. (1990). *Perhitungan Konstruksi Beton disesuaikan dengan SK SNI T-15-1991-03*, UK Petra Surabaya.

Wang C.K. dan C.G. Salmon. (1985). *Reinforced Concrete Design*, 4th ed., Harper & Row, Publishers, New York.

Whitney C.S. (1942). "Plastic Theory in Reinforced Concrete Design", *Transaction ASCE*, 107, 251-326.

PENYEDERHANAAN DESAIN TULANGAN LENTUR ELEMEN BALOK BETON BERTULANG BERDASARKAN SK SNI T-15-1991-03

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

10%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	123dok.com Internet Source	4%
2	Tai-Kuang Lee, Austin D. E. Pan, Michael J. L. Ma. "Ductile Design of Reinforced Concrete Beams Retrofitted with Fiber Reinforced Polymer Plates", Journal of Composites for Construction, 2004 Publication	2%
3	es.scribd.com Internet Source	1%
4	pt.slideshare.net Internet Source	1%
5	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	1%
6	jurnal.unmuhjember.ac.id Internet Source	1%
7	Submitted to Unika Soegijapranata	

1%

8 eprints.ums.ac.id
Internet Source

1%

9 repository.warmadewa.ac.id
Internet Source

1%

10 arsitekdansipil.blogspot.com
Internet Source

1%

11 dewey.petra.ac.id
Internet Source

1%

12 www.digilib.its.ac.id
Internet Source

1%

13 www.slideshare.net
Internet Source

1%

14 archive.org
Internet Source

<1%

15 iwanasani.wordpress.com
Internet Source

<1%

16 sipil.unsil.ac.id
Internet Source

<1%

17 vdocuments.site
Internet Source

<1%

18 A. Najmi, A. Tayem. "Uniaxial Bending of

<1%

Columns", Journal of Structural Engineering, 1993

Publication

19	pt.scribd.com Internet Source	<1%
20	widuri.raharjo.info Internet Source	<1%
21	text-id.123dok.com Internet Source	<1%

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On