

BAB IV

BALOK BETON

4.1. TEORI DASAR

Balok beton adalah bagian dari struktur rumah yang berfungsi untuk menompang lantai di atasnya balok juga berfungsi sebagai penyalur momen menuju kolom-kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan juga geser. Konstruksi balok biasanya berupa balok bertulang yang merupakan konstruksi yang sudah tidak asing dalam bidang teknik sipil. Hampir di setiap bangunan sipil baik itu gedung, jembatan maupun bangunan air, beton bertulang digunakan sebagai struktur utama maupun struktur pelengkap. Seperti diketahui bahwa kuat geser dijumpai dalam semua unsur beton bertulang. Pada beton bertulang, keruntuhan geser terjadi tanpa ada tanda-tandanya secara pasti sebelumnya. Hal ini sangat berbahaya maka harus dihindarkan. Untuk itu perlu adanya perencanaan yang cermat dan teliti terhadap kuat geser pada beton yang akan digunakan. Besarnya kekuatan geser pada beton bertulang erat hubungannya dengan kondisi baja tulangan yang digunakan untuk menyusun beton tersebut. Kondisi baja adalah suatu keadaan yang memperlihatkan apakah baja tulangan tersebut masih dalam kondisi normal atau telah mengalami reaksi dengan lingkungan sekitarnya yang memungkinkan terjadinya penurunan kualitas baja tulangan tersebut. Salah satu hal yang dapat menurunkan kualitas dari baja tulangan adalah terjadinya korosi pada baja tulangan tersebut.

4.2. PENGERTIAN

Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan juga geser. Dan yang kita bahas adalah balok pada beton bertulang. Beton hanya mempunyai elastisitas yang sedikit berbeda dengan kayu atau baja yang mempunyai kelenturan yang cukup besar. Balok beton terlentur beton bertulang lebih sering didesain untuk memikul

momen lentur dengan menggunakan penampang bertulangan ganda, sebab ditinjau dari mekanisme lentur penampang bertulangan ganda mempunyai daktilitas yang lebih besar daripada penampang bertulangan tunggal.

Beton bertulang terdiri dari dua material, beton dan baja, yang sifatnya berbeda. Jika baja dianggap sebagai material homogen yang propertinya terdefinisi jelas maka sebaliknya dengan material beton, merupakan material heterogen dari semen, mortar dan agregat batuan, yang properti mekaniknya bervariasi dan tidak terdefinisi dengan pasti.

Balok terlentur beton bertulang lebih sering dirancang memikul momen lentur dengan menggunakan penampang bertulangan ganda, sebab ditinjau dari mekanisme lentur memiliki daktilitas yang lebih besar daripada penampang bertulangan tunggal.

4.3. SIFAT BETON

Beton mempunyai sifat susut dan rangkak. Susut adalah pemendekan beton selama proses pengerasan dan pengeringan pada temperatur konstan, sedangkan rangkak terjadi pada beton yang dibebani secara tetap dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu pada balok beton dikenal istilah *short-term (immediate) deflection* dan *long-term deflection*. Akan tetapi dalam bahasan ini kami hanya membahas Lendutan Balok.

Lendutan adalah fungsi dari kekakuan yaitu perkalian antara modulus elastisitas beton E_c dengan inersia penampang I , lebih populer dengan istilah EI . Lendutan itu harus dibatasi, karena itu menyangkut masalah kenyamanan maupun seni dalam seni arsitektur. SNI-Beton-2002 kali ini dengan tegas membuat butir tersendiri, yaitu butir 9.5 tentang Kontrol Terhadap Lendutan.

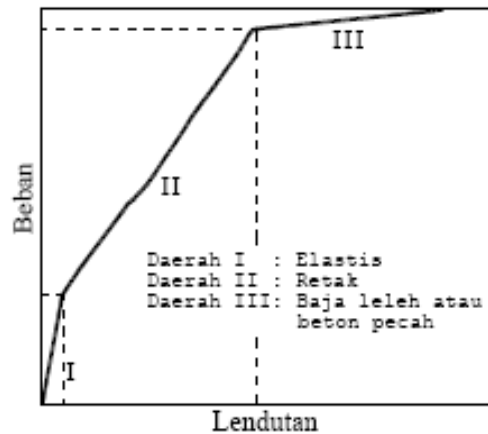
	Tebal minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen Struktur	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Jika lendutan harus dihitung, maka lendutan yang terjadi seketika (immediate deflection) dihitung dengan metode atau formula standar untuk lendutan elastis, dengan memperhitungkan pengaruh retak dan tulangan terhadap kekakuan struktur.

Balok beton bisa retak ketika menahan momen lentur. Sewaktu serat bawah tertarik (momen positif), beton sebenarnya bisa menahan tegangan tarik tersebut, tetapi seperti kita ketahui bahwa kuat tarik beton sangat kecil.

Perilaku keruntuhan yang dominan pada struktur balok pada umumnya adalah lentur, tentu saja itu akan terjadi jika rasio bentang (L) dan tinggi balok (h) cukup besar. Jika rasio L/h kecil maka digolongkan sebagai balok tinggi (*deep beam*), keruntuhan geser dominan.

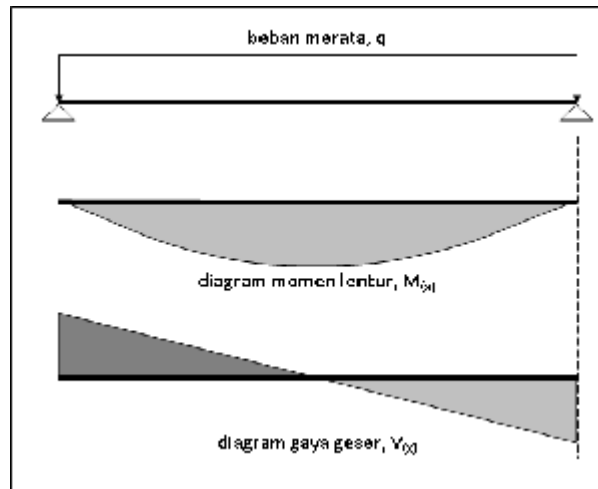
Apabila perilaku keruntuhan balok beton bertulang diatas dua tumpuan dapat digambarkan dalam bentuk kurva beban-lendutan, maka bentuk kurva tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Perilaku beban-lendutan struktur beton

4.4. ANALISIS KEKUATAN MOMEN NOMINAL BALOK LENTUR

Batang-batang struktur baik kolom maupun balok harus memiliki kekuatan, kekakuan dan ketahanan yang cukup sehingga dapat berfungsi selama umur layanan struktur tersebut. Dalam mendesain batang tarik yaitu balok baja harus memberikan keamanan dan menyediakan cadangan kekuatan yang diperlukan untuk menanggung beban layanan, yakni balok harus memiliki kemampuan terhadap kemungkinan kelebihan beban (*overload*) atau kekurangan kekuatan (*understrength*). Kelebihan beban dapat terjadi akibat perubahan fungsi balok, terlalu rendahnya taksiran atas efek-efek beban karena penyederhanaan yang berlebihan dalam analisis strukturalnya, dan akibat variasi-variasi dalam prosedur konstruksinya. Momen lentur berkaitan dengan gaya geser karena gaya geser merupakan turunan pertama momen lentur terhadap jarak.



Gambar 4.2. Diagram dampak sebuah balok yang dibebani beban merata q

Ada dua kondisi keruntuhan yang akan ditinjau sebagai berikut :

1. Keruntuhan Lentur

Ditinjau penampang balok beton bertulang dalam kondisi *under-reinforced* , keruntuhan lentur dimulai dari tulangan baja yang mengalami leleh. Pada kondisi tersebut, momen nominal yang menyebabkan keruntuhan lentur dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right), \text{ dimana } a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b}$$

Dari momen nominal yang diperoleh, berdasarkan span balok maka dapat dihitung beban batasnya ($P_u = 4 \cdot M_u / \text{Span}$) , sebagai berikut :

Tabel 4.2. Beban batas keruntuhan lentur

Kode Balok	b (mm)	d (mm)	A_s (mm ²)	f_c MPa	f_y MPa	a	M_u (kN-m)	Span (m)	P_u (kN)
OA1	305	457	2400	22.6	440.5	180.439	387.760	3.66	423.78
OA2	305	457	3100	25.9	437.6	202.032	482.923	4.57	422.69
OA3	305	457	3800	43.5	439.0	147.924	638.984	6.40	399.365

2. Keruntuhan Geser

Gaya geser pada seri Balok OAi (tanpa sengkang) sepenuhnya dipikul oleh beton, sedangkan gaya geser nominal yang dapat disumbangkan beton adalah :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d, \text{ sehingga } P_u = 2 * V_u$$

Selanjutnya beban batas yang menyebabkan keruntuhan geser, diprediksi sebagai berikut :

Tabel 4.3. Beban batas keruntuhan geser

Kode Balok	b (mm)	d (mm)	f _c (MPa)	V _c (kN)	P _u (kN)
OA1	305	457	22.6	110.44	220.88
OA2	305	457	25.9	118.23	236.46
OA3	305	457	43.5	153.22	306.44

Dari kedua hitungan diatas, dapat diketahui bahwa beban batas yang menyebabkan keruntuhan pada geser lebih kecil dibanding beban batas yang menyebabkan keruntuhan lentur. Dengan demikian dapat dianggap bahwa kekuatan geser lebih menentukan atau dengan kata lain bahwa keruntuhan geser lebih mendominasi perilaku balok OAi.

Dalam perhitungan kekuatan nominal ini terbagi menjadi dua macam desain yaitu Metode Desain Faktor Beban dan Tahanan (LRFD) dan Metode Desain Tegangan Ijin (ASD).

Konsep desain ini pertama kali diadopsi oleh *American Institute of Steel Construction* (AISC). Desain ini memberikan keamanan struktur yang menjamin penghematan secara menyeluruh dengan memperhatikan variabel-variabel desain yaitu factor beban dan ketahanan struktur, dengan menggunakan kriteria desain secara probabilistik (AISC 1986a). Metode ini dikenal dengan desain Faktor Beban dan Tahanan (*Load and Resistance Factor Design*) atau metode LRFD, namun di Indonesia kebanyakan desain masih dilakukan dengan desain tegangan ijin, *Allowable Stress Design* (metode ASD). Metode ASD menitik beratkan pada beban layanan (beban kerja) dan tegangan yang dihitung secara elastik dengan cara membandingkan tegangan terhadap harga batas yang diijinkan (Salmon *et al*, 1992).

Rasionalitas metode LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi struktural. Metode LRFD juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila dibandingkan dengan metode ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan beban mati (Beedle 1986). Meskipun metode LRFD mampu menggeser kedudukan metode ASD, namun para desainer perlu memahami filosofi desain kedua metode tersebut, karena banyak struktur akan tetap didesain dengan metode ASD ataupun untuk mengevaluasi struktur-struktur yang didesain dimasa lalu. Untuk itu Heger (1980) telah memberikan sejumlah pemikiran mengenai kesulitan-kesulitan untuk menjembatani jurang, antara teori statistik dan probabilitas dengan dunia nyata dari struktur sebenarnya.

Pada dasarnya perhitungan desain dan analisis baja berdasarkan spesifikasi LRFD-AISC menggunakan sistem satuan inch-pound. Satuan ini dapat dikonversikan dengan satuan yang digunakan di Indonesia

Ini merupakan contoh tabel perbandingan hasil desain profil metode LRFD dan metode ASD.

Tabel 4.4. Perbandingan hasil desain profil metode LRFD dan metode ASD.

ELEMEN	METODE LRFD		METODE ASD			
	PROFIL	LUAS (Ag)		PROFIL	LUAS (Ag)	
		Inch ²	mm ²		Inch ²	mm ²
Balok 1	W12x120	35.3	896.62	W12x170	50.0	1270
Balok 2	W12x87	25.6	650.24	W12x136	39.9	1013.46
Balok 3	W12x30	8.79	223.27	W12x50	14.7	373.38