



DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG

Sarjono Puro, MT

Perkembangan Desain Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa di Indonesia

- Perkembangan desain struktur beton bertulang secara signifikan dimulai sejak diterbitkannya Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983
- Buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983, dimana respon struktur daktail telah diperhitungkan dengan resiko gempa rencana atau gempa nominal.
- Peraturan SNI T-15-1991-03 merupakan langkah maju dalam perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa dimana mekanisme keruntuhan dan detailing sendi plastis telah diakomodasikan, meskipun pada bab peraturan perencanaan tahan gempa masih merupakan kombinasi antar peraturan New Zealand NZS 3101-1982 dan ACI 318-1983. Dengan terbitnya peraturan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002
- Desain struktur beton bertulang tahan gempa sepenuhnya telah kompatibel dengan peraturan ACI 318-99 sehingga memudahkan bagi perencana struktur untuk menggunakan perangkat lunak. Pada umumnya peraturan SNI T-15-1991-03 lebih konservatif dibandingkan dengan SNI 03-2847-2002. Untuk keperluan perencanaan struktur beton tahan gempa kedepan perlu diakomodasikan kriteria desain kinerja struktur sebagai jaminan (assurance) akan perilaku struktur dari gempa nominal sampai gempa kuat rencana.

Perencanaan dan Persyaratan Beton Bertulang

Peraturan atau pedoman standar yang mengatur perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton bertulang telah beberapa kali mengalami perubahan dan pembaharuan,

- 1. PBI 1955 - PBI 1971**
- 2. Peraturan Beton Indonesia 1995**
- 3. Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton SK SNI T-15-1991-03,**
- 4. Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK-SNI-03-2487-2002 - SNI 2847:2013**
- 5. SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan**
- 6. SNI 8900:2020 Panduan desain sederhana untuk bangunan beton bertulang**

2. METODE KEKUATAN BATAS (ULTIMATE STRENGTH DESIGN)

Penampang melintang pada elemen struktur direncanakan dengan memperhitungkan perilaku regangan inelastik sampai dicapai batas maksimum kekuatan material (kekuatan beton diperhitungkan sampai batas kuat tekan *ultimate*, dan baja tulangan diperhitungkan sampai dicapai tegangan leleh). Alasan-alasan yang menjadi dasar berkembangnya metode kekuatan batas antara lain:

- a. Penampang beton bertulang memiliki perilaku inelastik pada intensitas beban yang besar, sehingga teori elastik tidak dapat memperkirakan batas kemampuan sesungguhnya yang dimiliki oleh elemen tersebut.

- b. Metode kekuatan batas memungkinkan pemilihan faktor beban secara lebih rasional. Pada jenis beban yang besarnya dapat diketahui secara pasti diberikan nilai faktor beban yang lebih kecil seperti halnya beban mati, sedangkan pada jenis beban yang besarnya tidak dapat ditentukan secara pasti diberikan nilai faktor beban yang lebih besar misalnya beban hidup.
- c. Diagram tegangan-regangan beton bersifat nonlinear dan bergantung waktu. Seperti halnya regangan akibat rangkai yang muncul sebagai akibat bekerjanya beban secara terus menerus, regangan rangkai dapat bernilai beberapa kali lebih besar daripada regangan elastik awal. Dengan

demikian, nilai rasio modula: (rasio antara modulus elastisitas baja terhadap beton) yang dipergunakan pada metode tegangan kerja hanya merupakan suatu taksiran kasar. Regangan rangkai dapat mengakibatkan redistribusi tegangan pada penampang beton secara signifikan, yang berarti tegangan aktual yang terjadi pada masa layan sudah tidak sesuai lagi dengan tegangan yang dihitug pada saat perencanaan.

- d. Perencanaan dengan metode kekuatan batas telah memperhitungkan kekuatan cadangan yang muncul pada saat dicapai fase inelastik.
- e. Metode kekuatan batas dapat meningkatkan efisiensi penggunaan tulangan berkekuatan tinggi, dan memperkecil dimensi balok tanpa membutuhkan tulangan tekan.
- f. Metode kekuatan batas memungkinkan para perencana untuk memperhitungkan daktilitas struktur pada fase pasca elastik yang sangat bermanfaat dalam perencanaan struktur tahan gempa.

PBI 1955

1. **PBI 1955** merupakan terjemahan dari **GBVI** (*Gewapend Beton Voorschriften in Indonesia*) 1935, yang merupakan suatu peraturan produk pemerintah penjajah Belanda di Indonesia.
2. **PBI 1955** memberikan ketentuan tata cara perencanaan menggunakan metode elastis atau cara n , dengan menggunakan nilai banding modulus elastisitas baja dan beton, n , yang bernilai tetap untuk segala keadaan bahan dan pembebanan.
3. Batasan mutu bahan di dalam peraturan baik untuk beton maupun tulangan baja masih rendah disamping peraturan tata cara pelaksanaan yang sederhana sesuai dengan taraf teknologi yang dikuasai pada waktu itu

PBI 1971

PBI 1971 NI-2 diterbitkan dengan memberikan beberapa pembaharuan terhadap PBI 1955, diantaranya yang terpenting adalah:

1. Di dalam perhitungan menggunakan metode elastik atau disebut juga dengan *cara n* atau metode tegangan kerja, menggunakan nilai *n* yang variabel tergantung pada mutu beton dan waktu (kecepatan) pembebanan, serta keharusan untuk memasang tulangan rangkap bagi balok-balok yang ikut menentukan kekuatan struktur;
2. Diperkenalkannya perhitungan metode kekuatan (ultimit) yang meskipun belum merupakan keharusan untuk memakai, hanya untuk alternatif;
3. Diperkenalkannya dasar-dasar perhitungan bangunan tahan gempa.

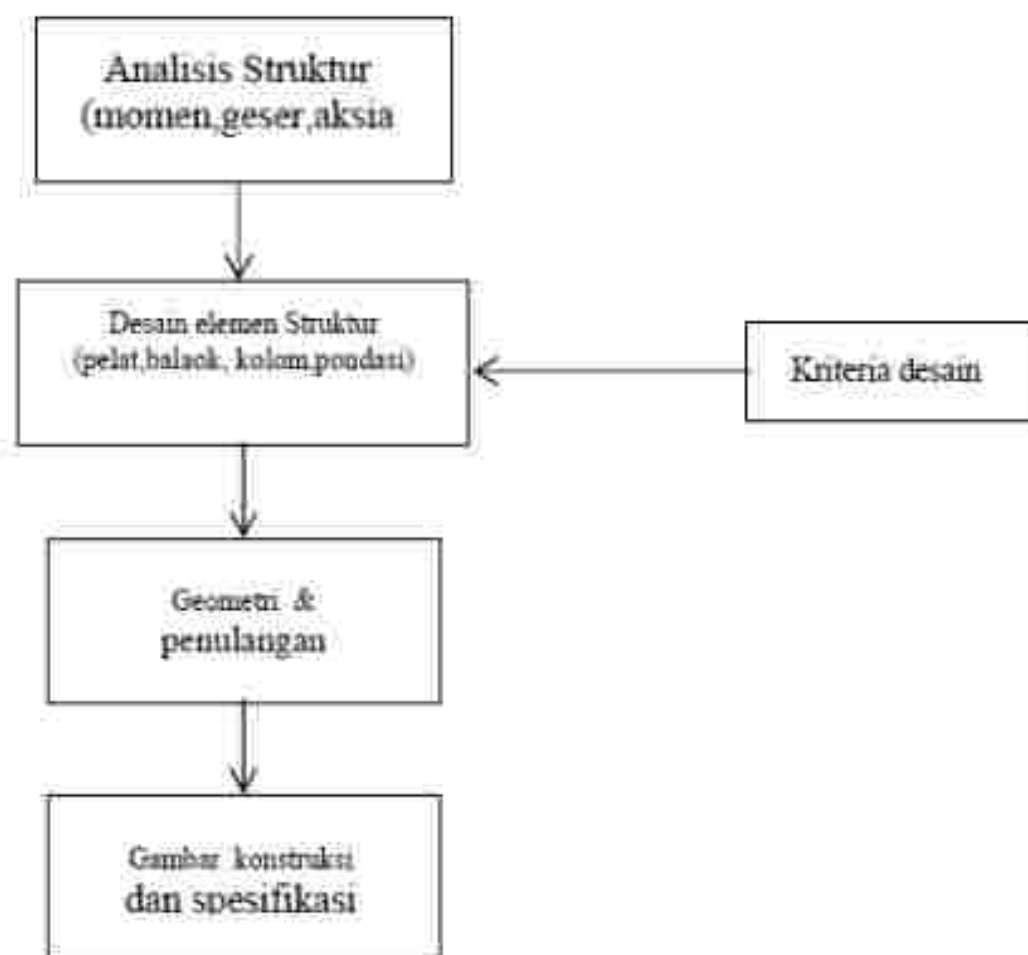
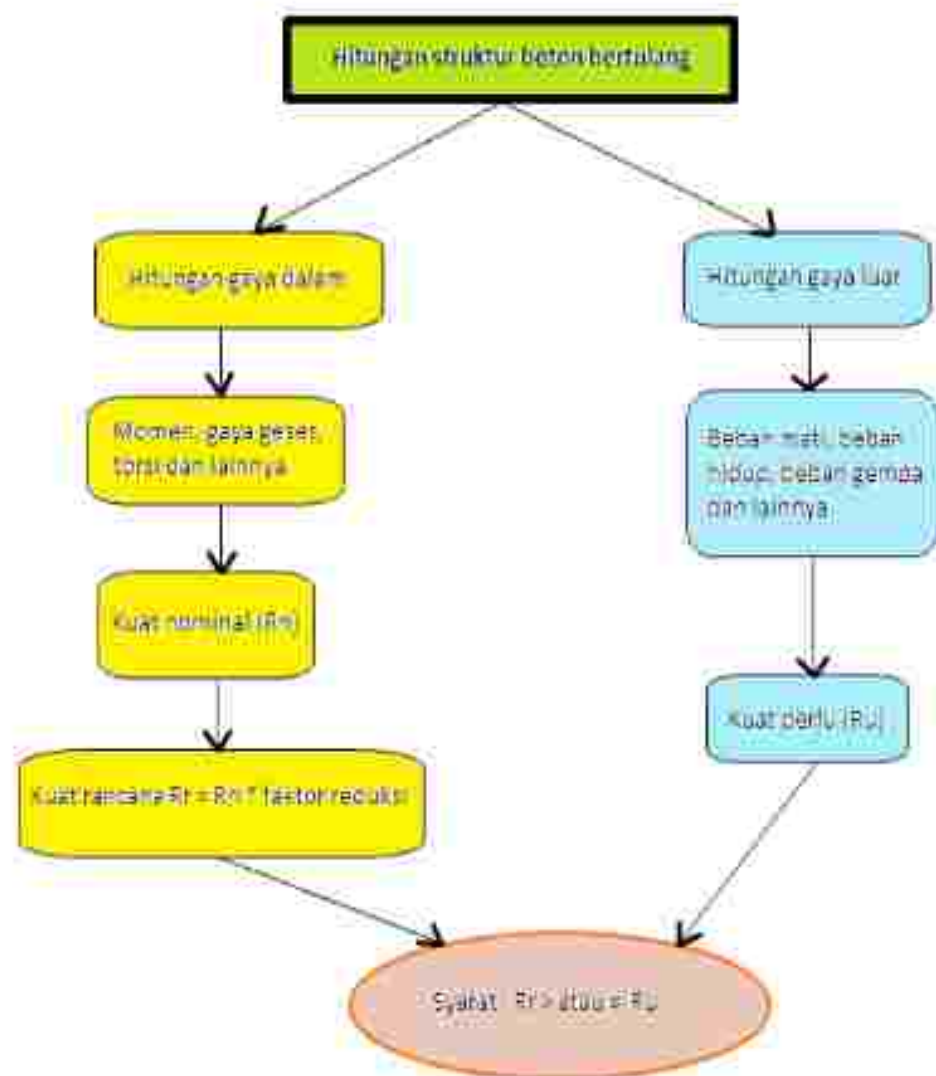
2. Baja Tulangan

- ❑ Agar dapat berlangsung lekatan erat antara baja tulangan dengan beton, selain batang polos berpenampang bulat (BJTP) juga digunakan batang deformasion (BJTD), yaitu batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip yang teratur dengan pola tertentu, atau batang tulangan yang dipilin pada proses produksinya.
- ❑ Baja tulangan (BJTP) hanya digunakan untuk tulangan pengikat sengkang atau spiral, umumnya diberi kait pada ujungnya.
- ❑ Sifat fisik tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang ialah tegangan luluh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Tegangan luluh (titik luluh) baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar sesuai SII 0136-84 dengan ketentuan bahwa tegangan luluh adalah tegangan baja pada saat meningkatnya tegangan tidak disertai dengan peningkatan regangannya.

Ketentuan SK SNI-03-2487-2002 menetapkan nilai modulus elastisitas beton, baja tulangan, dan tendon sebagai berikut

1. Untuk nilai w_c diantara 1500 kg/m³ dan 2500 kg/m³, nilai modulus elastisitas beton E_c dapat diartikan $(w_c)^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c}$ dalam Mpa). Untuk beton normal E_c dapat diambil sebesar $4700 \cdot \sqrt{f'_c}$
2. Modulus elastisitas untuk tulangan non-prategang E_s boleh diambil sebesar 200.000 Mpa.
3. modulus elastisitas untuk beton prategang E_s' ditentukan melalui pengujian atau dari data pabrik.

Proses Perencanaan Beton Bertulang



SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.2.2 menyatakan bahwa agar struktur dan komponennya memenuhi syarat kekuatan, maka beban untuk perhitungan harus memenuhi syarat kombinasi pembebanan, yaitu :

- Struktur yang memikul beban mati (*dead load* = D_L) dan beban hidup (*live load* = L_L) maka beban untuk perencanaannya adalah :
$$U = 1,2 D_L + 1,6 L_L$$
- Struktur yang memikul beban mati (*dead load* = D_L), beban hidup (*live load* = L_L) dan beban angin "W" maka beban untuk perencanaannya adalah : $U = 0,75 (1,2 D_L + 1,6 L_L + 1,6 W)$, nilai ini dibandingkan dengan kondisi tanpa beban hidup, $U = 0,9 D_L + 1,3 W$. Dari kedua nilai tersebut diambil nilai yang terbesar tetapi tidak boleh lebih kecil dari $1,2 D_L + 1,6 L_L$.
- Struktur yang memikul beban mati (*dead load* = D_L), beban hidup (*live load* = L_L) dan beban gempa E (earthquake load) maka beban untuk perencanaannya adalah : $U = 1,05 (D_L + L_R \pm E)$, nilai ini dibandingkan dengan kondisi tanpa beban hidup, $U = 0,9 (D_L \pm E)$. Dari kedua nilai tersebut diambil nilai yang terbesar , dimana L_R adalah beban hidup yang direduksi.

Kuat perlu tersebut biasanya disimbolkan dengan M_u , V_u , P_u , T_u .

$$U = 1,4 D \quad (1)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (2)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (3)$$

$$U = 0,9 D \pm 1,6 W \quad (4)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E \quad (5)$$

Faktor beban untuk W boleh dikurangi menjadi 1,3 bilamana beban angin W belum direduksi oleh faktor arah. Faktor beban untuk L boleh direduksi menjadi

0,5 kecuali untuk ruangan garasi, ruangan pertemuan, dan semua ruangan yang beban hidup L -nya lebih besar daripada 500 kg/m².

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E \quad (6)$$

dalam hal ini nilai E ditetapkan berdasarkan ketentuan SNI 03-1726-1989-F

Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung

Struktur :

1. BALOK



2. PLAT



3. KOLOM



4. PONDASI

