

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Teknologi yang semakin berkembang menuntut manusia untuk memanfaatkannya guna memperoleh hasil lebih baik. Penguasaan teknologi yang tinggi menunjukkan kualitas manusia yang mempergunakannya. Salah satu teknologi tinggi dengan perkembangan yang sangat pesat adalah teknologi informatika. Perkembangan teknologi dibidang informatika baik pada perkembangan *hardware* dan *software* yang digunakan mengakibatkan semakin berkembangnya program-program yang berhubungan dengan dibidang teknik. Program dibidang teknik dimaksudkan untuk mempermudah, mempersingkat, dan memperkecil kesalahan daripada sistem penghitungan manual. Program-program yang berkaitan dengan bidang teknik sipil mempunyai berbagai macam fungsi, antara lain berfungsi untuk membuat gambar bangunan, menghitung struktur bangunan, merencanakan penulangan pada beton bertulang, merencanakan perkerasan jalan, dan lain-lain.

Program-program tersebut dapat digunakan secara sendiri-sendiri atau dapat juga saling berhubungan satu dengan yang lain. Program desain kolom beton bertulang membutuhkan data masukan berupa beban aksial, momen, dimensi, kuat tekan beton, tegangan leleh baja, dan selimut tulangan. Data masukan tersebut dapat berasal dari program lain yang berfungsi untuk menghitung kekuatan struktur bangunan, antara lain : SAP 2000, ETABS,

GRAPS, PROKON, dan BATS 2001 (ACECOMS NEWS AND VIEWS, April-September 2001).

SAP 2000 adalah program berbasis windows yang berorientasi obyek. Kegunaannya untuk menghitung struktur bangunan dua dimensi dan tiga dimensi, dengan tampilan grafis yang mempermudah perencanaan struktur (Wigroho, 2001, halaman 1). Satuan yang digunakan adalah US dan satuan internasional (SI). Jenis-jenis pemodelan dalam perencanaan struktur dapat berupa struktur rangka, struktur batang, *shell*, dan pegas. Beban-beban yang digunakan berupa beban titik, beban merata, beban trapesium, beban gravitasi, beban gempa, prestress dan temperatur. Analisa yang digunakan adalah analisa statis dan analisa dinamis dengan response spektrum (ACECOMS NEWS AND VIEWS, April-September 2001, halaman 12).

ETABS adalah salah satu program teknik sipil lainnya yang dapat menghitung struktur bangunan gedung tiga dimensi. Pemodelan yang digunakan dengan membuat *grid* yang dapat berbentuk persegi atau lingkaran, pemberian nama bagian struktur bangunan disesuaikan tiap-tiap lantai sehingga mempermudah untuk mengidentifikasikannya. Bagian-bagian dari struktur bangunan dapat berupa kolom, balok, lantai, dinding geser, *bracing*, *links*, dan pegas. Beban-beban yang digunakan dapat berupa beban *independent*, beban gravitasi, beban angin, dan beban gempa. Analisa yang digunakan dapat berupa analisa statis dan analisa dinamis (ACECOMS NEWS AND VIEWS, April-September 2001, halaman 21).

GRAPS adalah program berbasis windows yang berguna untuk menghitung pemodelan struktur dua dimensi. Satuan yang dapat digunakan dalam program ini adalah satuan internasional (SI), US, dan metric. Beban-beban yang digunakan dapat berupa beban titik dan beban merata. Analisa yang digunakan adalah analisa statis (ACECOMS NEWS AND VIEWS, April-September 2001, halaman 16).

PROKON adalah program berbasis windows yang berguna untuk menghitung struktur bangunan dan sistim *geotechnical*. Penghitungan struktur terdiri dari analisa struktur, perencanaan struktur beton, dan perencanaan struktur baja, penghitungan untuk sistem *geotechnical* terdiri dari analisa beberapa jenis tanah dan batuan (ACECOMS NEWS AND VIEWS, April-September 2001, halaman 29).

BATS 2001 adalah program berbasis windows yang cocok digunakan untuk perencanaan bangunan gedung tiga dimensi. Satuan yang digunakan dalam program adalah satuan internasional (SI), US, dan metric. Pemodelan yang digunakan dengan menggunakan *bay* atau rancangan dari dasar bangunan gedung. Jenis-jenis pembebanan yang digunakan dengan beban terpusat, beban merata, beban lantai, dan beban gempa. Analisa yang digunakan adalah analisa statis dan analisa dinamis (ACECOMS NEWS AND VIEWS, April-September 2001, halaman 30).

Program-program lain yang berhubungan dengan bidang teknik sipil dan digunakan untuk perencanaan penulangan kolom beton bertulang yaitu Beton

2000 (FTS UGM, 1999) dan GEAR (ACECOMS NEWS AND VIEWS, April-September 2001).

Beton 2000 (FTS UGM, 1999) adalah program berbasis windows yang berguna untuk merencanakan dan menganalisa struktur beton, terdiri dari struktur plat, balok, kolom, tangga, pondasi, dan pertemuan balok kolom. Peraturan beton yang digunakan SK SNI-T-15-1991-03 (DPU, 1991) dan satuan yang digunakan adalah satuan internasional (SI).

GEAR adalah program multi fungsi yang terdiri dari berbagai macam program pendukung, termasuk didalamnya program perencanaan balok, kolom, plat, dan pondasi tiang pancang. Peraturan yang digunakan dalam program adalah ACI-318-95 dan BS 8110, satuan yang dapat digunakan dalam program adalah satuan internasional, US, dan metric (ACECOMS NEWS AND VIEWS, April-September 2001, halaman 22).

2.2. Beton

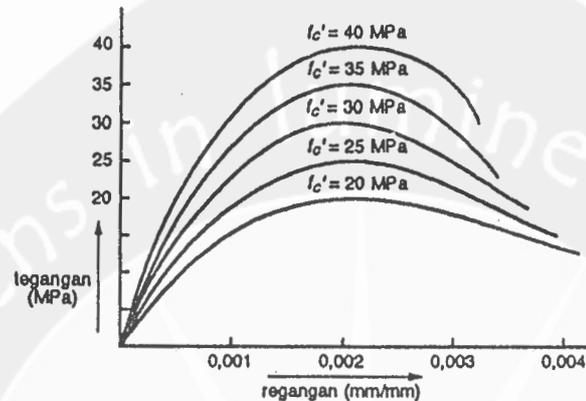
Beton polos didapat dengan mencampurkan semen, agregat halus, agregat kasar, air dan terkadang campuran lainnya. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Beton kuat terhadap tekan, namun lemah terhadap tarik. Oleh karena itu, perlu tulangan untuk menahan gaya tarik yang bekerja pada beton. Untuk mendapatkan mutu beton yang diinginkan harus diperhatikan perbandingan bahan susunnya, dimana satu sama lain sangat berpengaruh terutama agregat kasar dan halus. Faktor air semen juga berpengaruh besar terhadap sifat mudah dikerjakan.

2.2.1. Kuat tekan beton

Kuat tekan beton (Dipohusodo, 1996, halaman 7) diwakili oleh tegangan tekan maksimum f_c' dengan satuan N/mm^2 atau MPa (Mega Paskal). Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara nilai $\pm 10-60$ MPa. Untuk struktur beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar 17–30 MPa. Sedangkan untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar antara 30–45 Mpa. Untuk keadaan dan keperluan struktur khusus, beton *ready mix* sanggup mencapai nilai kuat tekan 62 MPa dan untuk memproduksi beton kuat tekan tinggi tersebut umumnya dilaksanakan dengan pengawasan ketat dalam laboratorium.

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata-cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji selinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Standar benda uji didasarkan kekuatan beton atas umur 28 hari. Dengan mengamati pada kurva tegangan-regangan kuat beton gambar 2.1, tampak bahwa umumnya kuat tekan maksimum tercapai pada saat nilai satuan regangan tekan ε' mencapai $\pm 0,002$ (Dipohusodo, 1996, halaman 8). Nilai tegangan f_c' akan turun dengan bertambahnya nilai regangan sampai benda uji hancur pada nilai ε' mencapai 0,003 – 0,005. Beton kekuatan tinggi lebih getas dan akan hancur pada nilai regangan maksimum yang lebih rendah dibandingkan dengan beton kekuatan rendah. Pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.2 (DPU, 1991, halaman 22) menetapkan bahwa regangan kerja maksimum

yang diperhitungkan di serat tepi beton tekan terluar adalah 0,003 sebagai batas hancur.



Gambar 2.1. Berbagai kuat tekan benda uji beton

Sesuai dengan teori elastisitas, secara umum kemiringan kurva pada tahap awal menggambarkan nilai modulus elastisitas suatu bahan. Karena kurva pada beton berbentuk lengkung maka nilai regangan tidak berbanding lurus dengan nilai tegangannya berarti bahan beton tidak sepenuhnya bersifat elastis, sedangkan nilai modulus elastisitas berubah – ubah sesuai dengan kekuatannya dan tidak dapat ditetapkan melalui kemiringan kurva.

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.5 (DPU.1991,halaman 9) digunakan rumus nilai modulus elastisitas bahan sebagai berikut :

$$E_c = 0.043W_c^{1.50} \sqrt{f'_c} \quad (2-1)$$

rumus tersebut hanya berlaku untuk beton dengan berat isi berkisar antara 1500 dan 2500 kgf/m³. Untuk beton kepadatan normal dengan berat isi ± 23 kN/m³ dapat digunakan nilai $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$.

2.2.2. Kuat tarik beton

Menurut Dipohusodo (1996, halaman 10) nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Kuat tarik yang sesuai teori elastisitas dapat diukur dengan modulus tarik (*modulus of rupture*), yaitu tegangan tarik lentur beton yang diukur pada pengujian hancur beton polos. Kuat tarik bahan beton juga yang menghasilkan nilai lebih baik dan mencerminkan nilai kuat tarik yang sebenarnya adalah dengan *pengujian split cilinder*. SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 (DPU, 1991, halaman 17) menetapkan bahwa besar kuat tarik beton mengikuti rumus :

$$f_r = 0,57\sqrt{f'_c} \quad \text{untuk beton normal} \quad (2-2)$$

apabila digunakan beton dengan agregat ringan, maka nilai f_r harus dikalikan faktor 0,75 untuk beton ringan total dan 0,85 untuk beton ringan berpasir.

2.3. Baja Tulangan

Penempatan baja tulangan didalam suatu penampang beton dimaksudkan untuk menahan gaya tarik yang bekerja pada penampang tersebut. Tulangan untuk beton memiliki dua jenis, yaitu tulangan baja polos (*plain bar*) dan tulangan baja ulir (*deformed bar*). SNI menggunakan simbol BJTP (baja tulangan polos) dan BJTD (baja tulangan deformasi). Baja tulangan polos yang tersedia mulai dari mutu BJTP-24 hingga BJTP-30, dan baja tulangan ulir pada umumnya dari BJTD-30 hingga BJTD-40.

2.3.1. Baja tulangan polos (BJTP)

Baja tulangan ini tersedia dalam beberapa macam diameter, tetapi karena ketentuan SNI hanya memperkenankan pemakaiannya untuk sengkang dan tulangan spiral, pemakaiannya terbatas. Saat ini, baja tulangan polos yang mudah dijumpai adalah hingga berdiameter 16 mm, dengan panjang standar 12 meter.

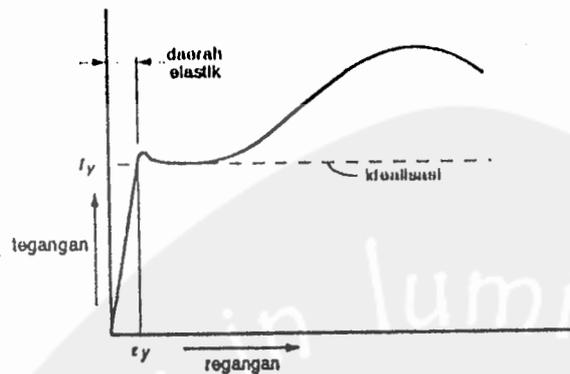
2.3.2. Baja tulangan deformasi (BJTD)

Berdasarkan ketentuan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.5 (DPU, 1991, halaman 54) baja tulangan ulir lebih diutamakan pemakaiannya untuk batang tulangan beton struktur. Salah satu tujuan dari ketentuan ini adalah agar struktur beton bertulang tersebut memiliki keandalan terhadap efek gempa, karena baja tulangan ulir terdapat lekatan yang lebih baik antara beton dan tulangannya.

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh baja tulangan ulir (Dipohusodo, 1996, halaman 12), antara lain :

1. Mutu dan cara uji harus sesuai dengan SII-0136-86 atau ekuivalen dengan JIS G.3112.
2. Baja tulangan ulir yang mempunyai kuat leleh lebih besar dari 400 kN/cm^2 boleh dipakai asalkan f_y adalah tegangan yang memberikan regangan 0,30%.
3. Baja tulangan beton yang dianyam harus memenuhi ASTM A184 *Specification for Fabricated Deform Steel Bar Mats for Concrete Reinforcement*.

Sifat fisik batang tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan dalam perencanaan beton bertulang ialah tegangan luluh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Diagram hubungan tegangan regangan tipikal untuk baja tulangan dapat dilihat pada gambar 2.2.



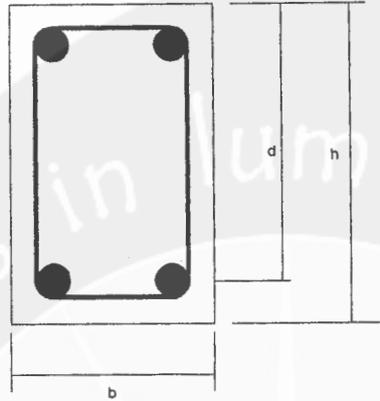
Gambar 2.2. Diagram tegangan regangan batang tulangan baja

2.4. Pelindung Beton Untuk Tulangan.

Sebagai pelindung tulangan terhadap pengaruh dari korosi dan bahaya terbakar, disebelah luar tulangan harus diberi tebal minimum beton penutup / selimut beton. Tebal selimut beton bervariasi tergantung pada tipe konstruksi, dan kondisi lingkungan. Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.16.7 (DPU, 1991, halaman 150), tebal selimut beton bertulang yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah adalah tidak boleh lebih kecil dari 20 mm untuk plat, dinding, ataupun plat berusuk yang menggunakan diameter tulangan lebih kecil dari dari D-36, serta 40 mm untuk balok dan kolom. Jika beton tersebut berhubungan langsung dengan tanah, tebal selimut minimum adalah 40 – 50 mm tergantung dari diameter tulangnya, tetapi jika beton tersebut dicor langsung di tanah tanpa adanya lapisan dasar ataupun lantai kerja, tebal selimut beton minimum adalah 70 mm.

Pada umumnya, untuk mendapatkan jarak bersih 40mm, sumbu tulangan utama dari balok harus ditempatkan pada jarak 70 – 75 mm dari serat atas atau

bawah. Sedangkan pada plat biasanya cukup dengan jarak 25 mm untuk mendapatkan tebal selimut minimum 20 mm. Tinggi efektif penampang kolom persegi dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Tinggi efektif penampang.

Dalam perhitungan, diperlukan tinggi efektif penampang yang didefinisikan sebagai jarak bersih antara garis sumbu batang tulangan utama ke serta beton terluar. Tinggi efektif d ini dapat ditentukan dengan mengurangi tinggi total penampang h dengan tebal selimut beton, diameter sengkang, dan setengah diameter tulangan utama.

2.5. Peraturan dan Standar Perencanaan Struktur Beton Bertulang.

Peraturan dan standar persyaratan struktur bangunan ditujukan untuk keselamatan manusia yang akan menggunakannya. Peraturan ini bertujuan menetapkan syarat minimum dan maksimum suatu besaran yang mempengaruhi perhitungan struktur bangunan. Peraturan ini terus menerus diperbaharui dengan pengalaman – pengalaman yang menimpa struktur masa sebelumnya, serta bertambah maju ilmu dan teknologi yang menunjang pengetahuan manusia.

Di Indonesia, peraturan atau pedoman standar yang mengatur perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton bertulang telah beberapa kali mengalami perubahan dan pembaharuan. Peraturan beton yang telah memakai standar satuan internasional adalah Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton nomor : SK SNI T-15-1991-03 (DPU, 1991). Peraturan tersebut diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia dan diberlakukan sebagai peraturan standar resmi.

PBI 1955 (Dipohusodo, 1996, halaman 3) memberikan ketentuan tata cara perencanaan menggunakan modulus elastisik atau cara n , dengan nilai banding modulus elastisitas baja dan beton yang bernialai tetap untuk segala keadaan bahan dan pembebanan. Batasan mutu bahan di dalam peraturan masih rendah disamping peraturan tata cara pelaksanaan yang sederhana sesuai dengan taraf teknologi yang dikuasai saat itu.

PBI 1971 NI-2 diterbitkan dengan memberikan beberapa pembaharuan terhadap PBI 1955 (Dipohusodo, 1996, halaman 3), diantaranya :

1. Di dalam perhitungan menggunakan metode elastik atau disebut juga sebagai cara n atau metode tegangan kerja, menggunakan nilai n yang variabelnya tergantung pada mutu beton dan waktu (kecepatan) pembebanan, serta keharusan untuk memasang tulang rangkap bagi balok – balok yang ikut menentukan kekuatan struktur.
2. Diperkenalkannya perhitungan metode kekuatan (ultimit) yang meskipun belum keharusan untuk memakai, diketengahkan sebagai alternatif.
3. Diperkenalkannya dasar – dasar penghitungan bangunan tahan gempa.

SK SNI T-15-1991-03 memberikan ketentuan – ketentuan yang penting dan perlu diperhatikan adalah (Dipohusodo, 1996, halaman 3) :

1. Perhitungan perencanaan lebih diutamakan serta diarahkan untuk menggunakan metode kekuatan (ultimit), sedangkan metode elastik (cara n) masih tercantum sebagai alternatif dan diberikan di bagian belakang.
2. Konsep hitungan keamanan dan beban yang lebih realistik dihubungkan dengan tingkat daktilitas struktur.
3. Tata cara hitungan geser dan puntir pada keadaan ultimit (batas).
4. Menggunakan satuan SI dan notasi disesuaikan dengan yang dipakai di kalangan internasional.
5. Ketentuan – ketentuan detail penulangan yang lebih rinci untuk beberapa komponen struktur.
6. Mengetengahkan beberapa ketentuan yang belum tersedia pada peraturan sebelumnya, misalnya mengenai struktur bangunan tahan gempa, beton prategang, pracetak, komposit, cangkang, plat lipat, dan lain – lain.

2.6. Program Bordland Delphi 6.0

Bordland delphi 6.0 yang selanjutnya disingkat delphi merupakan program aplikasi database yang berbasis *Object Pascal* dari Bordland. Selain itu, delphi juga memberikan fasilitas pembuatan aplikasi visual. Delphi memiliki berbagai macam produktifitas (Martina, 2000, halaman 1), yaitu antara lain :

1. Kualitas dari lingkungan pengembangan visual.
2. Kecepatan dari bahasa pemrograman dibandingkan dengan kompleksitasnya.

3. Kekuatan dari bahasa pemrogramannya dibandingkan dengan kompleksitasnya.
4. Fleksibilitas dari arsitektur basis data.
5. Pola desain dan pemakaian yang diwujudkan oleh frameworknya.

