

STANDAR NASIONAL INDONESIA TENTANG TATA CARA PERANCANGAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG

Binsar H. Hariandja
Hari Nugraha Nurjaman
Sutadji Yuwasdiki
HR. Sidjabat

1. PENDAHULUAN

Sekarang ini, penduduk total Indonesia diperkirakan 250 juta orang. Jika laju pertumbuhan tahunan penduduk dimisalkan 1% dan jika dimisalkan setiap keluarga memiliki dua anak, maka setiap tahunnya dibutuhkan sekitar 600.000 unit rumah baru, di samping 5.8 juta kekurangan sebelumnya dan restorasi rumah-rumah rusak [7]. Di kota-kota besar khususnya, laju pertumbuhan penduduk mencapai 4.8 % dan diproyeksikan bahwa tahun 2000 penduduk di kota sebesar 40.3 % dari total penduduk dan 60.7 % di tahun 2025, dibandingkan 14.7 % di tahun 1971. Peningkatan tajam dari jumlah penduduk di kota terutama diakibatkan oleh urbanisasi yang semakin meningkat tajam belakangan ini.

Selain masalah jumlah penduduk, kota-kota di Indonesia menghadapi masalah kekurangan lahan untuk perumahan, dan masalah disparitas kepadatan penduduk yang terutama sangat tinggi di lokasi kumuh. Program pembangunan fasilitas perumahan yang dikelola oleh Perumnas, Ditjen Cipta Karya maupun Menpera (dahulu Menperkim) sering kurang tepat sasaran atau efisien diakibatkan beberapa hal. Pertama, pembangunan rumah di luar atau di batas kota ternyata menimbulkan masalah transportasi karena penduduk yang sudah dipindahkan ke luar kota ternyata masih melakukan pekerjaan (dagang) di tempat lama di dalam kota. Kedua, unit-unit rumah sering dirobah bentuk ataupun konfigurasi (misalnya, dua rumah sederhana atau lebih disatukan menjadi satu unit rumah salon). Kemudian, sering unit-unit rumah diborong oleh peserta yang sebenarnya tidak berhak.

Masalah-masalah di atas kemudian dievaluasi oleh pemerintah yang kemudian melancarkan program 1000 tower rumah susun di seantero kota-kota besar di Indonesia. Pembangunan rumah susun dengan volume besar sangat membutuhkan mutu yang prima dan kecepatan pengerjaan yang tinggi, dan dengan konfigurasi yang modul repetitif. Dalam kaitan ini, sistem beton pracetak menjadi alternatif yang terbaik untuk diterapkan. Pemerintah Indonesia cq Departemen Pekerjaan Umum (sekarang Kementerian Pekerjaan Umum) mendorong kecenderungan ini sekaligus mendukung program 1000 tower rusunami dan rusunawa dengan mengeluarkan Permen No. 5. Inilah yang terutama mendorong penerapan beton pracetak untuk pembangunan fasilitas perumahan di nusantara, khususnya di kota-kota besar.

2. PENERAPAN SISTEM BETON PRACETAK DI INDONESIA

Sebenarnya, penerapan sistem beton pracetak di Indonesia bukanlah sesuatu yang baru. Di tahun-tahun 70an Indonesia telah menerapkan sistem beton pracetak, misalnya dengan pembangunan rumah susun di Sarijadi Bandung sebagai satu contoh.

Belakangan, sering diterapkan sistem beton pracetak yang diimport dari mancanegara, seperti misalnya sistem Mivan dan Utinord.

Sekitar tahun 1995an, pembangunan rumah berlapis dilaksanakan dengan menggunakan sistem waffle-crete, misalnya dalam proyek Cilincing, Cengkareng dan Batam. Tahun 1999 didirikan Ikatan Ahli Pracetak dan Prategang Indonesia (IAPPI) sebagai asosiasi yang mewadahi perusahaan dan individual yang berkiprah dalam pekerjaan dan penelitian sistem beton pracetak. Dalam tahun-tahun pendahuluan, terdapat beberapa sistem beton pracetak sebagai paten penemuan putra-putri Indonesia yang diterapkan dalam proyek rusun. Kini, dalam hanya beberapa tahun setelah itu, telah ada sekitar 40an sistem beton pracetak yang diterapkan, terutama dalam mendukung program 1000 tower yang telah diluncurkan pemerintah.

3. KENDALA DALAM PENERAPAN SISTEM BETON PRACETAK DI INDONESIA

Sekalipun sistem beton pracetak bukan merupakan hal atau barang yang baru buat masyarakat perekayasa di Indonesia, masih ada beberapa hal yang menjadi kendala terhadap penerapan sistem beton pracetak, sehingga pembangunan rumah susun di Indonesia belum mencapai tingkat laju yang diharapkan untuk menutupi kekurangan unit perumahan.

Pertama, adalah dalam penerimaan masyarakat perekayasa terhadap sistem beton pracetak, terutama oleh kontraktor di lapangan yang cenderung mengikuti cara pengerjaan beton yang konvensional (monolit). Mereka lebih menyukai dan cenderung bertahan dengan pola lama dengan berbagai alasan masing-masing. Perekayasa terbiasa menyambung kayu dengan kayu dan baja dengan baja, tetapi tidak dengan beton dengan beton.

Alasan kedua adalah bahwa pekerjaan pracetak beton merupakan prosedur baru yang memerlukan alat-alat baru, khususnya jika sistem beton pracetak diproduksi massal dalam pabrik, seakan sistem pracetak harus menggunakan perangkat pabrik yang nota bene akan membutuhkan modal padat.

Alasan berikutnya adalah reaksi negatif dari pemilik proyek, dengan alasan pengalaman sebelumnya di mana sistem bangunan beton pracetak sering mengalami kebocoran. Kebocoran bias diakibatkan oleh desain yang kurang baik, atau akibat pelaksanaan yang kurang seksama di lapangan.

Disimpulkan bahwa penerapan sistem beton pracetak memerlukan sosialisasi yang diharapkan dapat menerobos barrier psikologis yang sedikit banyak masih dirasakan belakangan ini, sekalipun telah terbit peraturan menteri yang menginstruksikan penerapan sistem beton pracetak dalam pembangunan rumah susun.

4. TERTIB PEMBANGUNAN SISTEM BETON PRACETAK DI INDONESIA

Sekalipun sistem beton pracetak telah diterapkan sekian lama, Indonesia belum memiliki norma, standard, pedoman maupun manual yang dapat digunakan sebagai acuan tertib pembangunan sistem beton pracetak di Indonesia.

Berbicara mengenai pembangunan sistem beton (bertulang maupun prategang), tertib pembangunan diatur oleh peraturan peninggalan Hindia Belanda. Belakangan, peraturan tersebut diadopsi sebagai dasar dari Peraturan Beton Indonesia (PBI) tahun 1955. Peraturan tersebut kemudian direvisi menjadi Peraturan Beton Indonesia (PBI) tahun 1971, yang memperkenalkan metoda perencanaan kekuatan batas di samping metoda perencanaan elastisitas (metoda beban kerja). Dibandingkan dengan PBI 1955 yang didasarkan atas peraturan Belanda (VOSB), PBI 1971 mengadopsi beberapa muatan dari peraturan Eropa (CEB). Kemudian, peraturan beton direvisi kembali tahun 2002 yang didasarkan atas ACI 318-99.

Betapapun peraturan atau pedoman beton Indonesia telah mengalami beberapa kali perbaikan, hingga kini semua versi peraturan tersebut sangat minim dalam aspek sistem beton prategang, sistem beton komposit, terutama dalam aspek sistem desain dan pengerjaan beton pracetak. Selama ini, perekayasa melakukan desain maupun pelaksanaan konstruksi di lapangan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman sistem beton monolit. Kemudian, sistem beton pracetak didesain serupa dengan sistem monolit konvensional, dengan menerapkan aturan "rule of thumb", di mana sambungan antar komponen pracetak didesain sama, kalau tidak lebih kuat dari pada sambungan monolit atau penampang tanpa sambungan. [5]

Keadaan seperti di atas terus berlaku hingga pada suatu tahap, para perekayasa merasakan pentingnya memiliki suatu pedoman atau peraturan yang dijadikan dasar bagi tertib desain dan tertib pelaksanaan di lapangan. Dalam tahun 2005 dibentuk tim pelaksana penyusunan RSNi beton pracetak dan prategang. Setelah bekerja sekian lama, tim berhasil menyusun RSNi dan telah dipra-konsensuskan. RSNi akhirnya diterima dalam konsensus tanggal 16 Juni 2011.

5. PENYUSUNAN SNI TATA CARA PERANCANGAN DAN PELAKSANAAN STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG

Sebagai mana difahami, penyusunan suatu peraturan atau pedoman dapat didasarkan atas peraturan versi lama, ditambah dengan hasil temuan teoritis dan pengalaman di lapangan. Dengan demikian, penyusunan SNI yang baru dapat dilakukan dengan beberapa modus operandi sebagai berikut.

- Disusun baru dari sejak awal
- Disusun sebagai terjemahan langsung peraturan asing
- Disusun berdasarkan peraturan asing dengan modifikasi

Mengenai penyusunan RSNi yang baru, tidak dipunyai peraturan versi lama berhubung inilah saatnya Indonesia memiliki peraturan beton pracetak dan prategang. Kondisi pada saat penyusunan RSNi yang baru, dihadapi aspek-aspek sebagai berikut.

- Belum ada peraturan versi lama yang dapat dijadikan acuan dasar dalam penyusunan peraturan baru.
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002 didasarkan atas ACI 318 bukan versi terbaru
- Pengalaman penerapan di lapangan mengenai sistem beton pracetak di Indonesia relatif masih terbatas.

Dengan mempertimbangkan aspek-aspek dan faktor-faktor di atas, maka melalui pra-konsensus disepakati bahwa SNI yang baru disusun dengan dasar-dasar berikut ini.

- SNI yang baru disusun berdasarkan peraturan asing dengan modifikasi
- Peraturan asing yang dijadikan acuan adalah ACI 318-08
- Format susunan disesuaikan dengan aturan BSN yang berlaku

Adalah wajar mempertanyakan, kenapa SNI yang baru didasarkan atas ACI 318. Adapun alasannya antara lain sebagai berikut. Pertama, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung sebagai peraturan induk struktur beton, didasarkan atas ACI 318. Kedua, ACI 318 merupakan standard yang lebih dikenal luas secara internasional. Kemudian, peraturan ACI 318 secara konstan tetap direvisi sesuai dengan perkembangan pengetahuan dan pengalaman lapangan, sehingga tidak pernah ketinggalan zaman.

Dengan memilih ACI 318 sebagai dasar atau acuan bagi penyusunan SNI yang baru, perkembangan dunia beton pracetak Indonesia dapat dimasukkan ke dalam batang tubuh SNI tersebut, sehingga kondisi dan karakteristik dunia rekayasa struktur pada umumnya dan rekayasa beton pracetak tercermin di dalamnya. Korespondensi RSNI dengan ACI 318-08 diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1: Korespondensi RSNI dengan ACI 318-08

ACI 318-08	RSNI
	Bab 1 Persyaratan Umum
	Bab 2 Acuan Normatif
	Bab 3 Notasi dan Definisi
Chapter 16 (precast)	Bab 4
Chapter 17 (composite)	Bab 5
Chapter 18 (prestressed)	Bab 6
Chapter 21 (earthquake)	Bab 7

6. BEBERAPA ASPEK PROBLEMATIKA DALAM PENYUSUNAN SNI STRUKTUR BETON PRACETAK DAN PRATEGANG

Penyusunan tata cara perencanaan dan pelaksanaan struktur beton pracetak untuk bangunan gedung tidak pernah luput dari aspek-aspek problematika yang pada alur perjalanan proses, harus tetap diatasi. Aspek-aspek problematika yang dimaksudkan antara lain adalah sebagai berikut.

- Problem dalam judul

Tentu saja judul SNI akan merefleksikan substansi dan ranah yang akan diatur. Dalam awal proses penyusunan, judul menyertakan “untuk bangunan gedung”. Mengenai hal ini muncul argumentasi bahwa ranah beton pracetak bukan hanya pada bangunan gedung (buildings), namun juga pada jenis konstruksi lainnya, seperti buis beton pracetak, pagar pracetak, kanstin pracetak, dinding penahan tanah pracetak dan sebagainya.

Berdasarkan argumentasi ini, kata-kata “untuk bangunan gedung” di tengah proses perdebatan, dihapus.

Setelah menjalani proses perdebatan dan adu argumentasi lanjut, pada akhirnya disepakati bahwa ranah struktur khusus akan diatur tersendiri, SNI yang baru akan khusus ditujukan bagi bangunan gedung. Pada akhirnya, kata-kata “untuk bangunan gedung” direstorasi dalam judul.

- Problem dalam lingkup

Pada hematnya, SNI harus merefleksikan pemahaman akademis dan teoritis, uji kelayakan, dan pengaturan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Pada awal proses penyusunan, judul hanya menyertakan kata “perencanaan”, sehingga SNI seakan hanya mengatur perencanaan dan tidak termasuk pelaksanaan. Kata “perencanaan” pun digantikan dengan kata “perancangan”, karena kata terakhir ini dianggap memiliki makna dan ranah yang lebih luas.

- Problem dalam hierarkis SNI

Problem yang relatif sulit diputuskan dan memakan waktu lama dalam proses pengambilan keputusan adalah, pertanyaan apakah dibutuhkan SNI yang khusus diperuntukkan bagi beton pracetak, mengingat betapapun, beton pracetak tetap saja merupakan bahan beton yang sudah diatur dalam Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002.

Namun dalam kenyataan, dihadapi kondisi bahwa Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002 yang sudah efektif selama hampir satu dekade, masih dalam penggodokan revisi menjadi SNI yang terbaru. Dalam hal ini, tata cara ini direncanakan akan didasarkan atas ACI 318 versi terbaru. Di lain pihak, kebutuhan adanya suatu SNI yang khusus mengatur beton pracetak sangat mendesak, karena dalam beberapa dekade belakangan ini, praktek perencanaan dan pelaksanaan struktur beton pracetak belum didasarkan atas suatu SNI khusus yang lengkap. Kita mengetahui bahwa Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002 didasarkan pada ACI 318-99, yang belum mengatur aspek pracetak secara lebih ekstensif.

Di lain pihak, revisi Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002 masih dinantikan kerampungannya, sehingga disepakati bahwa SNI beton pracetak yang baru akan segera diberlakukan. Jika pada gilirannya, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002 telah selesai disusun dan diberlakukan, SNI beton pracetak juga akan segera diperbaharui.

7. HAL-HAL YANG BARU DALAM SNI TATA CARA PERANCANGAN BETON PRACETAK DAN PRATEGANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG

Hal terpenting yang baru tercantum dalam SNI ini adalah dimasukkannya item portal khusus yang terbuat dari beton pracetak, dinding struktural pracetak menengah dan dinding struktural khusus yang terbuat dari beton pracetak dalam Bab 7 Struktur Penahan Gempa.

Pada portal khusus, ada 3 katagori sambungan yang diatur persyaratan teknisnya, yaitu sambungan daktail, sambungan kuat dan sambungan yang direncanakan khusus (**jointed precast**). Untuk sambungan jenis terakhir, kekuatan dan ketegarannya harus diuji sesuai ACI 374.1. Saat ini SNI metoda uji yang diadopsi dari ACI 374.1 juga sudah dikonsensuskan,

Kutipan pasal 7.8 adalah sebagai berikut :

7.8 Portal khusus yang terbuat dari beton pracetak

7.8.1 Ruang lingkup

Persyaratan 7.8 berlaku bagi portal khusus yang menggunakan beton pracetak dan merupakan bagian dari sistem penahan gaya gempa.

7.8.2 Portal khusus dengan sambungan daktail dan menggunakan beton pracetak harus memenuhi (a) dan (b) serta semua persyaratan untuk portal khusus yang terbuat dari beton yang dicor setempat, dan ketentuan berikut ini:

- (a) V_n untuk sambungan yang dihitung menurut 5.5.3.4.1 (**11.6.4 ACI 318-08**) tidak boleh kurang dari $2V_e$ di mana V_e dihitung menurut 7.5.4.1 atau 7.6.5.1;
- (b) Sambungan mekanis tulangan balok harus ditempatkan tidak lebih dekat dari $h/2$ dari muka joint, serta memenuhi persyaratan 7.1.6.

7.8.3 Portal khusus dengan sambungan kuat serta terbuat dari beton pracetak harus memenuhi semua ketentuan untuk portal khusus yang terbuat dari beton cor di tempat, dan ketentuan berikut ini:

- a) Ketentuan 7.5.1.2 berlaku bagi segmen antara lokasi di mana leleh lentur diinginkan terjadi akibat perpindahan desain;
- b) Kekuatan desain sambungan kuat, ϕS_n , tidak boleh kurang dari S_e ;
- c) Tulangan longitudinal utama harus dibuat menerus melewati sambungan dan harus disalurkan di luar sambungan kuat dan daerah sendi plastis; dan
- d) Untuk sambungan kolom-ke-kolom, ϕS_n tidak boleh kurang dari $1,4S_e$. Pada sambungan kolom-ke-kolom, ϕM_n tidak boleh kurang dari $0,4M_{pr}$ untuk kolom dalam tinggi tingkat, dan ϕV_n sambungan tidak boleh kurang dari V_e yang ditentukan dengan 7.6.5.1.

7.8.4 Portal khusus yang dibuat dengan beton pracetak dan tidak memenuhi ketentuan dalam 7.8.2 atau 7.8.3 harus memenuhi persyaratan ACI 374.1 dan ketentuan (a) dan (b) berikut ini:

- (a) Detail dan bahan yang digunakan dalam spesimen uji harus mewakili dari yang digunakan dalam struktur; dan
- (b) Prosedur desain dalam mengatur spesimen uji harus mendefinisikan mekanisme bagaimana portal menahan pengaruh gravitasi dan gempa, dan harus menetapkan nilai kriteria penerimaan dalam mendukung mekanisme tersebut. Bagian dari

mekanisme yang mendevisi dari persyaratan peraturan harus dicakup dalam spesimen uji dan harus diuji untuk menentukan batas atas nilai kriteria penerimaan.

Kutipan Pasal 7.4 adalah

7.4 Dinding struktural pracetak menengah

7.4.1 Ruang lingkup

Persyaratan 7.4 berlaku untuk dinding struktural pracetak menengah sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa.

7.4.2 Pada sambungan antara panel-panel dinding atau antara panel dinding dan pondasi, leleh harus dibatasi hanya terjadi pada elemen baja atau tulangan.

7.4.3 Elemen sambungan yang tidak didesain mencapai leleh harus mengembangkan paling sedikit $1,5S_y$.

Kutipan Pasal 7.10 adalah

7.10 Dinding struktural khusus yang terbuat dari beton pracetak

7.10.1 Ruang lingkup

Persyaratan 7.10 berlaku bagi dinding struktural khusus yang terbuat dari beton pracetak sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa.

7.10.2 Dinding struktural khusus yang terbuat dari beton pracetak harus memenuhi semua persyaratan 7.9 selain 7.4.2 dan 7.4.3.

7.10.3 Dinding struktural khusus yang terbuat dari beton pracetak dan tendon pasca-tarik tanpa lekatan dan yang tidak memenuhi persyaratan 7.10.2, diperkenankan asalkan dinding tersebut memenuhi persyaratan ACI ITG-5.1.

Hal lain yang penting adalah SNI ini dilengkapi dengan penjelasan (commentary), sehingga diharapkan para pengguna nanti dapat memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai sejarah dan penjelasan lebih rinci dari tiap pasal yang ada dalam SNI. Penjelasan ini juga diambil dari Commentary ACI 318-08

8. KESIMPULAN

Sebagai penutup dari pada tulisan ini, diberikan beberapa rangkuman catatan sebagai berikut ini.

- Untuk mengatur perencanaan dan pelaksanaan struktur beton pracetak, telah disusun suatu SNI yang baru.
- SNI yang baru dikhususkan bagi struktur bangunan gedung
- SNI yang baru disusun dengan modus operandi pengambilan ACI 318-08 sebagai acuan dan melaksanakan beberapa modifikasi.

- SNI yang baru didasarkan atas ACI 318-08, sehingga memiliki acuan yang lebih mutakhir dari pada ACI 318 yang dipilih sebagai acuan dari pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002
- SNI ini telah dikonsensuskan pada tanggal 16 Juni 2011

Untuk selanjutnya ke masa depan, diharapkan agar begitu Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002 selesai direvisi, tata cara perencanaan dan pelaksanaan struktur beton pracetak akan direvisi. Dalam substansi, SNI beton pracetak hasil revisi akan lebih ditekankan kepada manual dan petunjuk pelaksanaan di lapangan.

9. DAFTAR PUSTAKA

1. ACI Committee 318 (2008), *"Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary,"* American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, USA, 269-276, 347- 349
2. ACI 374.1-05 (2005) Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing.
3. Hawkins, N.M., S.K. Ghosh (2000); "Proposed Revisions to 1997 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulation for Precast Concrete Structures Part 2 – Seismic Force Resisting Systems", PCI Journal, Sept.- Oct. 2000, hal. 38-42.
4. Nurjaman, H.N.(2008), "The Use of Precast Concrete Systems in the Construction of Low Cost Apartment in Indonesia", 14th World Conference of Earthquake Engineering, Beijing, October 2008, hal. 1-2.
5. Paulay.T (1993), "Simplicity and Confidence in Seismic Design", The Fourth Millne – Malne Lecture, John Wiley and Sons, hal.63.
6. Paulay.T (1993), "Simplicity and Confidence in Seismic Design", The Fourth Millne – Malne Lecture, John Wiley and Sons, hal.44.
7. Saleh,I (2008), "Kebijakan, Strategi dan Program Rumah Susun Sederhana",Kementerian Perumahan Rakyat Republik Indonesia, Jakarta, July 2008.
8. SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, hal.34.