

STUDI EKSPERIMEN PELAT BETON BERTULANG PRACETAK SATU ARAH BERPENAMPANG “U” SEBAGAI ALTERNATIF STRUKTUR LANTAI

I Nyoman Ardika¹, I Made Alit Karyawan Salain², dan I Made Sukrawa²

¹Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

²Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana Denpasar

E-mail:arcad08@indo.net.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi dari pemikiran bagaimana mengaplikasikan kelebihan metode pracetak dan mengatasi kekurangan metode konvensional dalam pelaksanaan konstruksi struktur pelat lantai beton bertulang gedung bertingkat. Untuk itu dilakukan eksperimen pendahuluan dengan membuat struktur pelat lantai dari beberapa elemen pelat beton bertulang pracetak satu arah. Dari beberapa percobaan pendahuluan dengan permasalahan yang dijumpai akhirnya ditetapkan penampang U terbalik berukuran 320 mm x 150 mm x 40 mm panjang 1300 mm rancangan f_c rencana 15 MPa, tulangan tarik 2Ø5,6987 mm dan mutu baja f_y 188 MPa. Dalam penelitian ini akan dikaji beberapa permasalahan yaitu : kemampuan pelat U dalam memikul beban layan sampai batas momen retak, panjang maksimum pelat U dalam memikul beban layan sampai batas momen retak, dan panjang maksimum pelat U dalam memikul beban layan sampai batas lendutan maksimum. Ketiga permasalahan tersebut diselesaikan dengan melakukan uji beban dengan menggunakan air sebagai beban pengujian dan sifat-sifat fisik bahan pembentuk pelat beton bertulang yang digunakan. Berdasarkan hasil analisis data uji diperoleh : pelat U mampu menahan 3X beban layan rencana (4,310 N/mm) tanpa retak, panjang maksimum Pelat U dengan kemampuan menahan 1X beban layan rencana tanpa retak adalah 2300 mm, dan panjang maksimum Pelat U dengan kemampuan menahan 1X beban layan rencana sampai batas lendutan maksimum adalah 3302,6 mm..

Kata kunci: *pelat-U, pracetak, struktur pelat lantai*

EXPERIMENTAL STUDY ON ONE WAY PRECAST REINFORCED CONCRETE SLABS WITH “U” SECTION AS AN ALTERNATIVE STRUCTURAL SLAB

ABSTRACT

This research is motivated from the thought how to apply advantage-precaster method and resolve deficiency conventional method in implementation of construction reinforced concrete slab structures multi-storey building. Therefore conducted preliminary experiments by making structure slab of some elements one way precast reinforced concrete slab. From some preliminary experiments with the problems encountered, finally defined cross-section “U” upside down, with f_c 15 MPa design and 1300 mm long with cross sectional size 320 mm x 150 mm x 40 mm, tensile reinforcement 2Ø5,6987 mm with yield stress of steel 188 MPa. In this research will be reviewed some problems, that is capability slab U to support service load until cracking moment, maximum length U slab to support service load design until cracking moment, and maximum length U slab to support service load design until maximum deflection. These three problems completed by carrying out the load test by using water as a testing load and the physical properties of the material which is used for reinforced concrete. Based on the analysis of test data obtained U slab able to support three times service load design (4,310 N/mm) without cracking, maximum length U slab to support service load design without cracking is 2300 mm, and maximum length U slab to support service load until maximum deflection is 3302,6 mm.

Keywords: *U-Slab, precast, slab structure*

1 PENDAHULUAN

Metode pelaksanaan konstruksi struktur pelat lantai beton bertulang gedung bertingkat yang umum dipakai ada dua yaitu metode konvensional dan metode prefabrikasi/pracetak. Setiap metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari metode pracetak antara lain tidak perlu tempat penampungan material sementara di lokasi proyek, waktu dan perhatian dalam pengawasan dapat difokuskan terutama di sambungan, tidak tergantung cuaca dalam proses pabrikasi, tidak perlu steiger dan bekisting, sangat efektif untuk produksi massal, penggunaan material sangat optimal, ukurannya seragam, waktu pelaksanaan lebih cepat. Kekurangan dari metode konvensional antara lain perlu penampungan material sementara di lokasi proyek; perlu waktu dan perhatian lebih dalam pengawasan, pelaksanaan tergantung cuaca, tidak ada aktifitas dibawah area lantai yg dikerjakan, rusaknya sebagian besar bahan bekisting saat dibuka, rusaknya sebagian besar steiger kayu/ bambu saat dibuka, penggunaan pasir/kerikil kurang optimal karena banyak bercampur dengan tanah/kotoran, waktu pelaksanaan yang lebih lama. Untuk mengaplikasikan kelebihan dari metode pracetak dan mengatasi kekurangan metode konvensional, dilakukan eksperimen dengan membuat struktur lantai beton bertulang dari beberapa elemen pelat beton bertulang pracetak satu arah. Dari beberapa percobaan pendahuluan dengan permasalahan yang dijumpai akhirnya ditetapkan penampang U terbalik berukuran 320 mm x 150 mm x 40 mm panjang 1300 mm dengan rancangan $f'c$ rencana 15 MPa, tulangan tarik 2Ø5,6987 mm dengan mutu baja f_y 188 MPa dengan pertimbangan : (1) Material pembentuk pelat beton bertulang yang digunakan mudah diperoleh. (2) Dapat dengan mudah dipindahkan oleh 2 pekerja baik dalam arah horizontal maupun arah vertikal dengan atau tanpa alat bantu sederhana. (3) Dalam proses pencetakan (pencampuran, pengecoran, pemadatan, pembukaan cetakan) dan penyimpanan pelat U dapat dengan mudah dilakukan oleh 2 orang pekerja. (4) Pengangkutan dapat digunakan alat angkut barang berupa mobil pickup dengan 2 orang pekerja untuk menaikkan pelat tersebut dari lokasi penyimpanan/ lokasi pabrikasi dan menurunkannya di lokasi proyek. Ada tiga masalah yang dikaji dalam penelitian ini yaitu: 1) Berapakah kemampuan pelat U dalam memikul beban layan sampai batas momen retak. 2) Berapakah panjang maksimum pelat U dalam memikul beban layan sampai batas momen retak. Dan 3) Berapakah panjang maksimum pelat U dalam memikul beban layan sampai batas lendutan maksimum. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kemampuan dan panjang Pelat U dalam memikul beban sampai batas layan rencana dan memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan sesuai ketentuan SNI 03-2847-2002 dengan melakukan uji beban menggunakan air sebagai beban pengujian. Serta untuk mengetahui sifat-sifat fisik bahan pembentuk pelat beton bertulang yang digunakan yaitu: (1) Besarnya beban layan yang mampu dipikul pelat U sampai batas momen retak. (2) Panjang maksimum pelat U yang mampu memikul beban layan rencana sampai batas momen retak. (3) Panjang maksimum pelat U yang mampu memikul beban layan rencana sampai batas lendutan maksimum. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah menjadikan "Pelat Beton Bertulang Pracetak Satu Arah Berpenampang "U" menggunakan beton $f'c$ 15 MPa dan baja tulangan U24 berukuran 320 mm x 150 mm tebal 40 mm" sebagai alternatif material struktur pelat lantai bangunan gedung bertingkat. Pada penelitian ini masalah akan dibatasi pada hal-hal berikut: (1) Pengujian beban terhadap sampel uji adalah sampai batas momen retak. (2) Pelat U yang direncanakan dapat menahan beban hidup 1,92 KN/m². (3) Lantai tempat dudukan perletakan dianggap kaku sempurna/ tidak mengalami penurunan. Dan (4) Analisa penampang menggunakan analisa elastis metode transformasi penampang lentur dengan batasan sesuai ketentuan SNI 03-2847-2002.

2 ANALISA BETON BERTULANG DENGAN METODE PERENCANAAN ELASTIS

2.1 Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan material struktur bangunan yang terbentuk dari beton dan baja tulangan. Beton adalah hasil pencampuran pasir, kerikil, semen, dan air yang mempunyai kekuatan tekan yang sangat tinggi, tetapi lemah terhadap tarik. Kekuatan dan ketahanan beton dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain komposisi campuran, kualitas agregat, metode pengecoran, finishing, temperatur dan perawatan. Tulangan pada beton bertulang menggunakan baja yang mempunyai kuat tarik yang sangat tinggi, sehingga hasil penggabungan material beton dengan baja tulangan akan menghasilkan material struktur komposit dengan kemampuan yang besar dalam menahan beban tekan dan tarik.

2.2 Bahan Beton

Penampang beton yang diperhitungkan dalam analisis kekuatan adalah hubungan tegangan-regangan yang timbul karena pengaruh-pengaruh gaya tekan pada bagian beton yang tertekan saja. Kekuatan tekan beton ditentukan berdasarkan tegangan tekan maksimum pada saat regangan beton (ϵ_b) mencapai nilai $\pm 0,002$ ($f'c$) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Umumnya modulus elastis suatu bahan merupakan kemiringan kurva tegangan-regangan pada tahap awal. Dari hasil pengamatan bermacam kurva tegangan-regangan kuat beton yang berbeda, terlihat secara umum kuat tekan maksimum tercapai pada saat nilai satuan regangan tekan ϵ' mencapai $\pm 0,002$. Selanjutnya nilai tegangan $f'c$ akan turun dengan bertambahnya nilai

regangan sampai benda uji hancur pada nilai ϵ' mencapai 0,003 – 0,005. Sesuai dengan Peraturan SNI Beton Bertulang Untuk Gedung 2847 – 2013 digunakan rumus modulus elastisitas untuk beton kepadatan normal dengan berat isi $\pm 23 \text{ kN/m}^3$ dapat digunakan nilai :

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

Keterangan;

E_c : Modulus elastisitas beton (MPa)

f'_c : kuat tekan beton (MPa)

2.2.1 Semen dan Air

Semen yang digunakan untuk pembuatan beton yang berfungsi sebagai bahan perekat hidrolis adalah Semen Portland atau Semen Portland Pozzolan. Agar reaksi kimiawi dapat berlangsung, jenis semen tersebut memerlukan air pada proses hidrasi. Semen Portland yang dipakai harus memenuhi syarat SII 0013-81 dan Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982, sedangkan Semen Portland Pozzolan harus memenuhi syarat SII 0132-75. Air yang digunakan untuk membuat beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, zat organik atau bahan-bahan lain yang bersifat merusak beton dan baja tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar bersih yang dapat diminum. Perbandingan berat air dan semen untuk suatu adukan beton disebut faktor air semen (fas) yang besarnya tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Pada umumnya semakin tinggi fas semakin kecil mutu beton yang dihasilkan, demikian juga sebaliknya semakin rendah fas semakin besar kuat teknon beton yang dihasilkan.

2.2.2 Bahan Agregat

Semen yang digunakan untuk pembuatan beton yang berfungsi sebagai bahan perekat hidrolis adalah Agregat untuk beton terbagi atas agregat halus dengan ukuran butiran lolos ayakan 4,75 mm tertahan pada ayakan no. 200, dan agregat kasar adalah butiran yang lolos ayakan 38 mm tertahan ayakan 4,75 mm. Ukuran maksimum butiran agregat kasar pada dasarnya bertujuan agar agregat dapat masuk atau lewat di antara sela-sela tulangan atau acuan. Agregat yang digunakan harus memenuhi ketentuan SII 0052-80 dan ASTM (American Society for Testing Materials) C33-86 untuk agregat normal, serta ASTM C33080 untuk agregat ringan. Mutu agregat sangat menentukan kuat beton yang dicapai karena penggunaan material tersebut dalam pembuatan beton mencapai $\pm 70\%$ -75% dari seluruh bahan beton yang digunakan

2.3 Bahan Beton

Beton yang dibuat dari pencampuran aggregate kasar, aggregate halus, semen dan air, harus dicampur dan diaduk tidak kurang dari 1,50 menit semenjak dimulainya pengadukan dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata agar dapat dicapai mutu beton yang baik. Untuk mengetahui ketepatan jumlah pemakaian air adukan dilakukan dengan memeriksa kekentalan adukan beton (slump beton) pada setiap adukan beton baru. Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, perbandingan campuran bahan penyusun beton harus ditentukan agar beton yang dihasilkan memberikan: (1) Kelecekan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton dengan mudah ke dalam acuan dan sekitar tulangan tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat dan bleeding air; (2) Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus; (3) Memenuhi uji kuat yang hendak dicapai.

2.4 Baja Tulangan

Beton perlu diperkuat dengan baja tulangan dengan fungsi utama menahan gaya tarik yang timbul untuk mendapatkan material komposit yang mampu menahan beban tekan dan tarik yang tinggi, karena beton hanya kuat merima beban tekan saja. Baja tulangan dapat berupa batang baja lonjoran ataupun kawat rangkai las (wire mesh), dengan sifat-sifat fisik yang paling penting digunakan dalam analisi beton bertulang ialah tegangan luluh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Tegangan luluh baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar sesuai SII 0136-84 dengan ketentuan bahwa tegangan luluh adalah tegangan baja pada saat mana meningkatnya regangan tidak disertai lagi dengan peningkatan tegangannya. Modulus elastis baja tulangan ditentukan berdasarkan kemiringan awal kurva tegangan-regangan di daerah elastis. Ketentuan SNI 03-2847-2002 menetapkan bahwa nilai modulus elastis baja adalah 200.000 MPa.

2.5 Beton Pracetak

Beton dengan atau tanpa tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan atau komponen struktur disebut beton pracetak. Beton yang dibuat secara pracetak, masing-masing bagian komponennya dibuat secara terpisah, kemudian saling dihubungkan sehingga semua bagian komponen bereaksi terhadap beban kerja sebagai suatu kesatuan. Pemakaian beton pracetak dapat menghasilkan mutu yang lebih baik

dengan waktu penyelesaiannya yang lebih cepat serta pengurangan pemakaian tenaga kerja, sehingga dapat mengurangi biaya proyek

2.6 Metode Perencanaan Elastis

Metode perencanaan elastik didasarkan pada anggapan bahwa sifat dan perilaku bahan beton bertulang disamakan dengan bahan homogen (serba-sama). Sesuai dengan teori elastisitas, tegangan dan regangan pada penampang balok tertentunya bahan homogen terdistribusi linear membentuk garis lurus dari nol di garis netral ke nilai maksimum di serat tepi terluar. Dengan demikian nilai-nilai tegangan pada penampang balok tertentunya berbanding lurus dengan regangannya, dan bahan beton dianggap berperilaku elastis sempurna sebagaimana bahan-bahan homogen lainnya. Dalam perencanaan elastis beban yang digunakan adalah beban kerja (tanpa faktor beban), dengan tegangan ijin, dan hubungan tegangan-regangan yang linier.

Kekuatan dalam metoda perencanaan elastis berarti kapasitas pada saat menjelang terjadinya kehancuran akibat suatu beban, sedangkan kegunaan berarti kinerja yang memuaskan pada kondisi beban guna atau beban kerja (tegangan kerja). Kinerja yang memuaskan adalah keadaan yang tercapai apabila: (1) lendutan yang terjadi masih dalam batas yang dapat diterima sedemikian rupa sehingga tidak terjadi kerusakan komponen non struktural yang didukung seperti dinding, partisi, dan langit-langit; (2) retakan yang timbul masih terkendali, dalam arti tidak terjadi retak sedemikian besar sehingga menyebabkan kemungkinan masuknya air yang lebih lanjut akan mengakibatkan korosi baja dan penguraian beton.

2.6.1 Konsep dan Anggapan-anggapan dalam Perencanaan Elastis

Anggapan-anggapan dasar yang digunakan metode tegangan kerja untuk komponen struktur tertentunya adalah:

- 1)Sebelum dan setelah terjadi lenturan bidang penampang tetap rata, berarti regangan berbanding lurus dengan tegangan atau linear.
- 2)Hukum Hooke sepenuhnya berlaku pada baja maupun beton dengan nilai tegangan berbanding lurus dengan nilai regangannya,
- 3)Semua gaya tarik hanya dipikul oleh baja tulangan tarik,
- 4)Penggelinciran tidak terjadi karena tulangan baja terlekat sempurna dengan beton.

Bertolak dari dasar-dasar anggapan tersebut, meskipun bahan beton bukanlah bahan bersifat serbasama (nonhomogeneous), rumus lenturan elastik tetap dapat digunakan dengan cara transformasi luasan teoritis antara bahan yang satu dengan lainnya berdasarkan pada nilai banding modulus elastisitas bahan baja dan beton.

2.6.2 Tegangan Ijin

Dalam metode perencanaan elastis batas maksimum tegangan kerja atau tegangan ijin untuk bahan beton adalah :

- 1)Tegangan pada serat beton tekan tepi terluar komponen struktur tertentunya:

$$f_c = 0,45 \times f_c \quad (2)$$

- 2)Untuk balok, plat penulangan satu arah dan pondasi telapak, apabila geser hanya dipikul oleh beton sendiri:

$$V_c = \frac{1}{11} \times \sqrt{f_c} \quad (3)$$

Keterangan :

f_c : kuat tekan beton maksimum pada saat regangan beton (ϵ_b) mencapai nilai $\pm 0,002$ (MPa)

f_c : tegangan tekan beton maksimum yang diijinkan (MPa)

V_c : tegangan geser beton maksimum yang diijinkan (MPa)

2.6.3 Metode Transformasi Penampang

Metode transformasi penampang untuk beton bertulang dapat dijelaskan sebagai berikut ini. Luas penampang tulangan baja dan beton ditransformasikan menjadi satu macam penampang bahan serba-sama dengan tujuan untuk menyamakan perilaku dalam mekanisme menahan beban. Meskipun disadari bahwa sifat kedua macam bahan sama sekali berbeda sifatnya, cara transformasi penampang dimaksudkan sebagai langkah penyederhanaan dalam analisis lenturan menurut teori elastisitas. Transformasi dilakukan dengan mengganti luasan penampang baja dengan luasan beton ekuivalen (luasan semu). Dengan demikian A_s adalah luas penampang tulangan baja yang diganti dengan luas beton ekuivalen, sedangkan f_s adalah tegangan baja tarik yang diganti dengan tegangan beton tarik ekuivalen f_{cr} . Dalam upaya mendapatkan luas transformasi, ada dua syarat yang harus dipenuhi

1) Keseimbangan jumlah gaya tarik bernilai tetap sehingga digunakan persamaan,

$$A_s \times f_s = A_{tr} \times f_{tr} \quad (4)$$

2) Kesesuaian deformasi tetap tercapai, maka satuan regangan perpanjangan bernilai tetap sehingga,

$$\frac{f_s}{E_s} = \frac{f_{tr}}{E_c} \quad (5)$$

Dengan menggunakan nilai banding modulus elastisitas,

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (6)$$

Penyelesaian persamaan-persamaan di atas menghasilkan,

$$A_{tr} = n \times A_s \quad (7)$$

dan,

$$f_{tr} = \frac{f_s}{n} \quad (8)$$

3 METODE PENELITIAN

3.1 Metode

Tahap kegiatan yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah pengujian material untuk mendapatkan sifat-sifat fisik bahan pembentuk pelat beton bertulang yang digunakan pembuatan bekisting, penganyaman tulangan, pembuatan dan pengujian pelat U, analisis data uji, pembahasan, kesimpulan dan saran. Dari sifat-sifat fisik bahan hasil pengujian dilakukan analisis rancangan campuran beton untuk mendapatkan komposisi campuran beton sesuai rencana. Setelah anyaman tulangan dipasang pada bekisting dilanjutkan dengan pengecoran pelat U dengan adukan beton yang dibuat dengan mesin pengaduk (concrete mixer). Sehari setelah pengecoran cetakan dibuka dilanjutkan dengan penyimpanan dan pemeliharaan sampel. Untuk mengetahui beban maksimum pengujian dilakukan analisa pendahuluan penampang pelat U dengan batas momen retak menggunakan metoda analisis transformasi penampang lentur berdasarkan data hasil uji dan menggunakan kuat tekan beton rencana f_c 15 MPa dengan $E_c = 0,4 \cdot f_c / 0,001$ (6.000 MPa). Pengujian pembebanan pelat U dilakukan dengan menggunakan air sebagai beban uji, setelah pelat U berumur 28 hari kalender. Jumlah pelat U yang dibuat sebanyak 12 buah.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan data pengujian pasir, kerikil, dan semen diperoleh data fisik agregat yang digunakan untuk pembuatan rencana campuran beton dengan kuat tekan f_c 15 MPa adalah : data fisik pasir (bj ssd 2,468 gr/cm³, zone-2, berat volume 1,174 kg/m³, kandungan kerikil 7,321%, penyerapan 2,7%), data fisik kerikil (diameter butir max. 20 mm, bj ssd 2,498 gr/cm³, berat volume 1,298 kg/m³, penyerapan 3,242%), berat volume semen 1,096 kg/m³, data fisik besi tulangan (diameter 5,6987 mm, berat 0,1971 kg/m, f_y 188 MPa, E_s 247.368 MPa, regangan leleh 0,076%). Dari analisis campuran beton diperoleh perbandingan berat 1 PC : 3,282 PS : 2,563 KRK : 0,763 Air, atau dalam perbandingan volume 1 PC : 3,063 PS : 2,164 KRK : 0,836 Air. Analisis dilakukan berdasarkan rata-rata dari 30 bacaan pantulan hammer untuk setiap pelat-U. Berdasarkan hasil analisis diperoleh kuat tekan beton pelat -U, $f_c = 15,307$ MPa. Berdasarkan hasil uji pembebanan pelat U diperoleh lendutan maksimum rata-rata 0,44 mm pada beban uji maksimum 3,826 N/mm. Dari hasil analisis lendutan dan beban uji maksimum dengan cara iterasi diperoleh modulus elastisitas beton pelat U, $E_c = 6.492$ MPa.

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

- 1) Pelat U Beton Bertulang Pracetak Satu Arah panjang 1300 mm memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan sesuai ketentuan SNI-03 2847-2002 dalam menahan 3X beban layan rencana tanpa retak.
- 2) Panjang maksimum Pelat U Beton Bertulang Pracetak Satu Arah mampu menahan 1 kali beban layan rencana tanpa retak dan memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan sesuai ketentuan SNI-03 2847-2002 adalah 2300 mm.

- 3) Panjang maksimum Pelat U Beton Bertulang Pracetak Satu Arah mampu menahan 1 kali beban layan rencana dengan retak terjadi pada bagian beton yang mengalami tarikan dan memenuhi syarat kekuatan dan kekakuan sesuai ketentuan SNI-03 2847-2002 adalah 3302,6 mm.

5.2 Saran

Untuk memastikan kemampuan pelat U panjang 2300 mm dan 3302,6 mm yang dianalisis berdasarkan data pengujian, sebaiknya dilakukan uji beban untuk memvalidasi hasil analisis tersebut. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mengkaji kemampuan pelat U dalam memikul beban sampai batas ultimate, untuk mengoptimalkan kekuatan material yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2014. Standar Nasional Indonesia, SNI 2052:2014, Baja Tulangan Beton. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847 2013. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10 : Badan Standardisasi Nasional. p. 61.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1970-2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1971-2008, Cara Uji Kadar Air Agregat. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1972-2008, Cara Uji Slump Beton. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1968-2008 Cara Uji Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1969-2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. Standar Nasional Indonesia, SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. Standar Nasional Indonesia, SNI 13-6717-2002, Tata Cara Penyiapan Benda Uji dari Contoh Agregat. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. Standar Nasional Indonesia, SNI 03-2834-2000, tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Badan Standardisasi Nasional. 1998. Standar Nasional Indonesia, SNI 03-4804-1998, Metoda Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. Jakarta, Gd. Manggala Wanabakti Blok IV, Lt3,4,7,10.
- Dipohusodo, Is. September 1996. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama. p. 1 s.d 9, p. 152 s.d 154.
- Nawy, EG. 1996. Reinforced Concrete A Fundamental Approach. New Jersey 07458, Upper Saddle River : Prentice Hall. p. 273 s.d 279.
- Nazir, Moh. Agustus 2003. Metode Penelitian. Jakarta 12510, Jln. Mesjid Alhidayah No. 5, Pejaten Barat : Ghalia Indonesia. p. 378 s.d 392, dan p. 524 s.d 525.
- Rooseno, R. Januari 1954. Beton Tulang. Jakarta : Teragung. p. 72 s.d 87.
- Schodek, DL. 1991. Struktur. Bandung : PT Eresco. p. 238 s.d 239; 274 s.d 275; 283 s.d 287; 413 s.d 419; 556; 578 s.d 595.
- Sunggono-kh. Januari 1984. Buku Teknik Sipil. Bandung, kotak Pos 469 : Nova. p. 68, 109 s.d 121.
- Weaver, W. Gere, JM. Wira. Maret 1989. Analisa Matriks untuk Struktur Rangka. Jakarta 10420, Jln. Kramat IV No. 11 : Erlangga. p. 45, 387, 397.