PERBANDINGAN KUAT LENTUR DUA ARAH PLAT BETON BERTULANGAN BAMBU RANGKAP LAPIS *STYROFOAM* DENGAN PLAT BETON BERTULANGAN BAMBU RANGKAP TANPA *STYROFOAM*

Lutfi Pakusadewo, Wisnumurti, Ari Wibowo
Jurusan Teknik Sipil – Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : lutfi.pakusadewo@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan material yang sangat banyak digunakan sebagai material untuk struktur utama dalam konstruksi. Banyak keuntungan menggunakan beton sebagai material struktur utama. Selain itu, beton yang mampu dipadukan dengan tulangan baja, atau biasa yang disebut dengan beton bertulang. Pada konstrusi pembangunan, hampir seluruhnya menggunakan beton bertulang. Seiring perkembangan zaman, muncul inovasi-inovasi untuk membuat beton ringan namun juga kokoh, awet, dan murah. Salah satunya dengan cara membuat plat beton dengan lapis *styrofoam* bertulangan bambu.

Pada penelitian ini dilakukan dengan membuat sebuah plat dimana terdapat *Styrofoam* yang dilapisi dengan beton, tulangan plat diganti dengan bambu yang telah dilapisi dengan cat. Plat nantinya dibandingkan dengan plat bertulangan bambu tanpa *styrofoam*. Kedua plat diuji lentur dengan beban terpusat dan hasil pengujian keduanya dibandingkan.

Dari penelitian laboratorium diperoleh beban maksimum dari dua jenis plat tersebut, dimana beban maksimum plat beton lapis *styrofoam* sebesar 1779,4 kg dan untuk plat beton tanpa *styrofoam* 2079,4 kg. Selain itu lendutan pada kedua plat juga berbeda, dimana rata-rata lendutan yang terjadi pada plat beton tanpa *styrofoam* 9,715mm, sementara plat beton dengan *styrofoam* yang rata-ratanya sebesar 12,67mm. Keruntuhan yang dihasilkan oleh kedua panel merupakan jenis keruntuhan lentur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel yang didalamnya diletakkan *styrofoam* memiliki kekuatan yang hampir sama dengan panel tanpa *styrofoam*.

Kata kunci : plat, kuat lentur, bambu, *styrofoam*.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan ilmu pengetahuan dan teknologi, tumbuhlah ide-ide baru dalam teknologi konstruksi bangunan yang bertujuan dapat membuat bangunan menjadi ringan, kokoh, ekonomis, dan mudah dalam proses pembuatannya. Dalam penelitian ini, akan diteliti kekuatan lentur dari plat beton dua arah bertulangan bambu lapis *styrofoam*. Dengan adanya inovasi-inovasi seperti ini, semoga dapat memicu untuk tumbuhnya inovasi lainnya yang dapat bermanfaat untuk pembangunan di Indonesia.

Plat merupakan struktur utama bangunan yang dimana semua bangunan bertingkat pasti menggunakan plat. Plat lantai beton bertulang umumnya dicor ditempat, bersama – sama balok penumpu dan kolom pendukungnya. Dengan demikian akan diperoleh hubungan kuat yang menjadi satu kesatuan. Dalam pembuatan plat, tentu diperhatikan kuat tarik dan tekan. Beton yang memiliki kekuatan yang tinggi pada tekan tidak dapat menahan tarik dengan baik, sehingga kelemahan beton akan tarik diatasi dengan pemasangan tulangan baja sebagai penahan tarik pada plat beton. Pada plat lantai beton dipasang tulangan baja pada kedua arah,

tulangan silang, untuk menahan momen tarik dan lenturan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dicoba menggunakan bambu sebagai tulangan yang menahan tarik. Tulangan bambu akan disusun menyerupai rangkaian tulangan baja, sehingga fungsinya akan bekerja sesuai dengan fungsi tulangan baja.

Bambu merupakan kekayaan alam yang sangat mudah ditemukan di Indonesia. Selain itu bambu juga banyak digunakan di desa sebagai bahan alternatif pengganti kayu. Dengan banyaknya jenis bambu yang ada di Indonesia, perlu diperhatikan kembali jenis bambu yang bisa digunakan dalam pembangunan. Tidak semua jenis bambu bisa langsung digunakan untuk pembangunan, masih diperlukan perilaku khusus untuk membuat bambu bisa digunakan dalam pembangunan. Begitu juga dalam penggunaan bambu pada plat beton. Penggunaan alternatif bambu sebagai tulangan pada plat beton diharapkan dapat menggantikan peran tulangan baja sebagai penahan tegangan tarik. Kemudian dengan adanya *styrofoam* diharapkan dapat membuat plat beton tersebut menjadi lebih ringan dibandingkan dengan plat beton umumnya. Dengan digabungkan bambu dan *styrofoam*, diharap bisa membuat plat beton kuat, ringan, dan ekonomis.

Untuk mengetahui pengaruh *styrofoam* dan tulangan bambu terhadap lentur pada plat dua arah, maka dilakukan perbandingan kuat lentur plat bertulangan bambu rangkap tanpa *styrofoam* dengan plat bertulangan bambu rangkap dilapisi *styrofoam*.

TUJUAN

Tujuan melakukan penelitian ini yaitu, mengetahui perbandingan kekuatan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap lapis *styrofoam* dengan plat beton dua arah bertulangan bambu rangkap tanpa *styrofoam* yang ditinjau dari segi lendutan plat dan beban maksimum yang mampu dipikul oleh plat.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton merupakan material yang berupa seperti batu, diperoleh dari membuat suatu campuran dengaan proporsi tertentu dari semen, pasir, dan kerikil, serta air yang membuat campuran tersebut bisa menjadi keras dalam cetakan dengan sesuai dimensi dan kebutuhan.

Beton selalu menjadi bahan utama untuk pekerjaan konstruksi. Bila kita lihat pada pekerjaan konstruksi, semua menggunakan beton sebagai material utama. Beton banyak digunakan karena beton mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, beton juga sangat kuat terhadap beban yang berat serta memiliki ketahanan terhadap temperatur tinggi.

Plat

Plat dua arah adalah sistem lantai yang secara umum terbuat dari beton, dimana perbandingan bentang panjang dan bentang pendek kurang dari 2. Karena plat dua arah didukung pada keempat sisinya, sehingga lenturan terjadi dalam dua arah. Plat dapat ditumpu pada keseluruhan tepinya atau bisa juga di titik-titik tertentu. Dengan adanya berbagai macam kondisi tumpuan membuat plat dapat digunakan untuk segala kondisi keadaan. Plat dengan kondisi ditumpu pada seluruh tepinya lebih kaku dibandingkan dengan plat yang hanya ditumpu oleh dua tumpuan sederhana. Sistem plat seluruhnya akan menjadi suatu kesatuan yang membentuk sistem rangka struktur kaku statis tak tertentu. Dengan adanya berbagai kondisi jenis tumpuan pada plat, maka akan memberikan akibat yang berbeda pula menurut jenis tumpuannya.

Seperti yang diketahui, plat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung,

lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban tidak hanya menimbulkan momen, gaya geser, atau lendutan yang langsung pada komponen sebuah struktur yang menahan. Akan tetapi, komponen struktur lain yang saling berhubungan menjadi ikut berinteraksi akibat hubungan yang kaku antar komponen. Beban yang bekerja pada plat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur, oleh karena itu plat juga direncanakan terhadap beban lentur. Sebuah perencanaan plat harus dapat menahan beban-beban gravitasi. Secara umum, beban-beban eksternal tidak dapat dianggap hanya dipikul oleh tumpuan hanya dalam satu arah.

Kuat Lentur

Kuat lentur merupakan kemampuan dari suatu bahan untuk menahan beban lentur. Nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Ketika suatu batang dibebani beban lentur, maka batang tersebut dapat mengalami lenturan, geser, dan lendutan. Lendutan yang terjadi pada suatu batang lentur dapat ditentukan dari gaya luar, panajng bentang, momen inersia penampang, dan modulus elastisitas.

Bambu

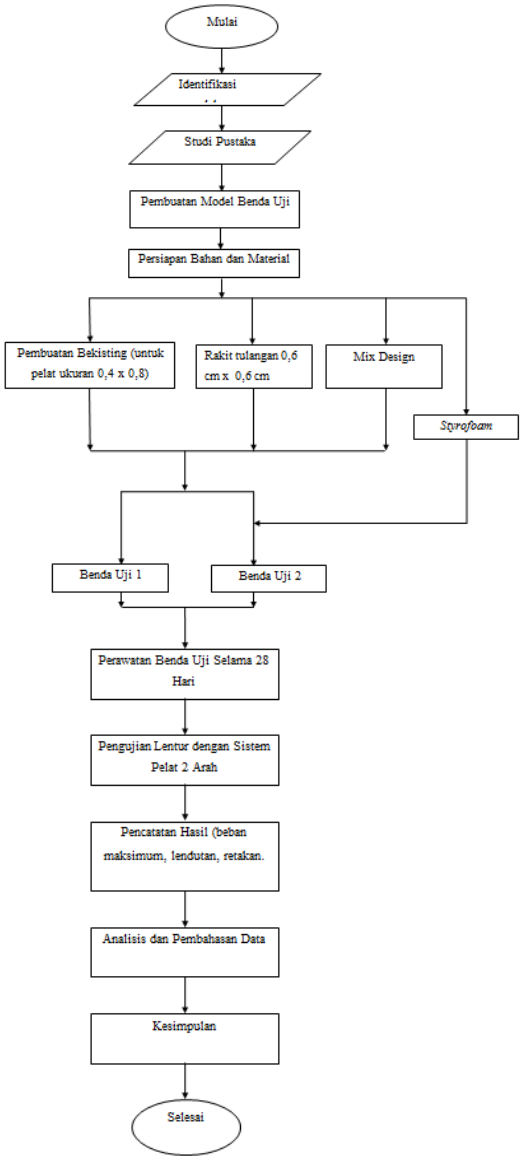
Bambu merupakan salah satu jenis bahan alternatif sebagai bahan pengganti tulangan baja pada beton. Selain mudah didapatkan, bambu juga sangat murah, ramah lingkungan, dan kuat. Tulangan pada beton berfungsi untuk mengatasi kelemahan beton terhadap tarik. Seluruh komponen struktur bangunan membutuhkan tulangan untuk mengatasi kelemahan beton tersebut, salah satunya plat beton. Meski demikian, penggunaan tulangan bambu juga memiliki kelemahan.

Styrofoam

Styrofoam pada bahan bangunan diharapkan dapat mengurangi berat dari bahan. Dengan mengurangi berat pada bahan bangunan, secara tidak langsung mengurang beban gravitasi dan beban sendiri yang dipikul oleh bahan tersebut. Apabila beton digabungkan dengan *styrofoam*, maka dapat dibuat beton ringan, pada beton ringan memiliki rongga udara sehingga membuat beton menjadi ringan. Dengan bertambahnya rongga udara di beton, maka dapat mempengaruhi kekuatan dari beton.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Jumlah dan Perlakuan Benda Uji

Dalam penelitian ini dibuat 5 benda uji yang terdiri dari 3 buah plat beton lapis *styrofoam* dan 2 buah plat beton tanpa *styrofoam*.

Gambar 2. Perencanaan Plat Beton Lapis *Styrofoam*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Bahan Penyusun Plat Beton

Sebelum melakukan pembebanan pada plat, dilakukan terlebih dahulu pada sampel beton untuk mengetahui kekuatan beton. Sampel pengujian beton menggunakan beton berbentuk silinder dengan dimensi diameter 8 cm dan tinggi 16 cm. Dari hasil uji kuat tekan beton, diperoleh kekuatan runtuh rata-rata pada saat beton hancur dengan perbandingan berat campuran 1:3:1 (semen:pasir:kerikil) adalah sebesar 23,4 Mpa.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton

Benda Uji	Berat (kg)	Pmax (kN)	Pmax (kg)	Kuat Tekan Runtuh (kg/cm^2)	Rata-rata F_{cr} (kg/cm^2)	Rata-rata F_{cr} (MPa)
A	1,70	107	10700	213	234	23,4
B	1,70	136	13600	271		
I	1,72	110	11000	219		

Beton yang umumnya memiliki komposisi agregat kasar yang lebih banyak dibandingkan dengan agregat halusnya. Akan tetapi pada penelitian ini digunakan campuran perbandingan 1:3:1 (semen:pasir:kerikil), dimana komposisi agregat halusnya lebih banyak dibandingkan agregat kasar. Kekuatan beton sangat tergantung dari agregat yang digunakan, umumnya kekuatan beton terletak pada agregat kasar dan ikatan antar agregat kasar. Dimana ikatan-ikatan tersebut dapat menutup rongga-rongga yang terbentuk pada beton. Semakin banyak agregat kasar yang digunakan maka kekuatan beton juga menjadi tinggi bila sesuai dengan batasan tertentu.

Selama masa perawatan beton menuju umur 28 hari, lingkungan disekitar beton harus diperhatikan kebersihannya, karena jika terdapat bahan-bahan kimia akan mempengaruhi kualitas beton. Masa curing beton dilakukan selama 7 hari mulai dari beton selesai dituangkan dalam bekisting, curing dilakukan dengan menutup permukaan plat dengan menggunakan karung basah. Setelah 7 hari karung basah dapat dilepas dan plat akan diuji pada usia 28 hari.

Tulangan Bambu

Tulangan yang diguanakan adalah bambu petung, dengan dimensi 6x6 mm2. Tulangan dibuat dengan panjang menyesuaikan dimensi pada plat. Dengan tulangan untuk sisi panjang 75 cm dan untuk tulangan sisi pendek 36 cm.

Setelah bambu benar-benar kering dan halus, kemudian bambu dilapisi dengan cat dan pasir. Karena nantinya bambu akan dikombinasikan dengan beton, dimana pada beton sendiri terdapat air, maka bambu yang dilapisi dengan cat setidaknya dapat mengurai bambu untuk meresap air pada beton. Setelah bambu dilapisi dengan cat, bambu dilumuri dengan pasir. Bambu yang telah dilapisi cat dan pasir agar dapat memperkasar bidang kontak bambu dengan beton ketika bambu sudah dipasang sebagai tulangan, sehingga bambu dan beton dapat menyatu secara sempurna.

Pengujian pull-out menggunakan sampel beton silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Beton silinder diberikan tulangan bambu. Kemudian sampel diuji tarik untuk mengetahui kekuatan lekatan bambu, dan diperoleh hasilnya sebesar 1,5 kN. Tulangan bambu tidak sama dengan

tulangan baja, pada beton bertulang baja, keruntuhan beton terjadi karena tulangan baja telah mencapai titik leleh. Namun, pada beton bertulangan bambu, keruntuhan pada beton terjadi karena lepasnya lekatan antara beton dan bambu.

Pengujian Kuat Lentur Plat Beton Dua Arah

Pada pengujian dilakukan dengan dua metode, pembacaan pertama menggunakan metode load control dimana pembacaan berdasarkan beban yang diterima oleh plat. Metode kedua menggunakan metode displacement control, dimana metode ini pembacaannya berdasarkan lendutan yang terjadi setelah beban maksimum tercapai. Untuk load control menggunakan penambahan beban secara konstan dengan interval setiap 50 kg. Sementara displacement control setelah mencapai beban maksimum dan beban mengalami penurunan hingga mmencapai plat runtuh. LVDT diletakkan di tengah bentang untuk pembacaan lendutan yang terjadi pada plat. Karena menggunakan tumpuan bebas, maka perlu diperhatikan kondisi plat saat diletakkan pada tumpuan.

Gambar 3. Pembebanan Pada Plat

Tabel 2. Peresentase Penurunan Berat Plat

Benda Uji	Berat	Rata-rata	Persentase Penurunan Berat
S-I1	34,1 kg	33,93 kg	10,59 %
S-I2	34,2 kg		
S-I3	33,5 kg		
TS-A3	39,2 kg	37,95 kg	
TS-B1	36,7 kg		

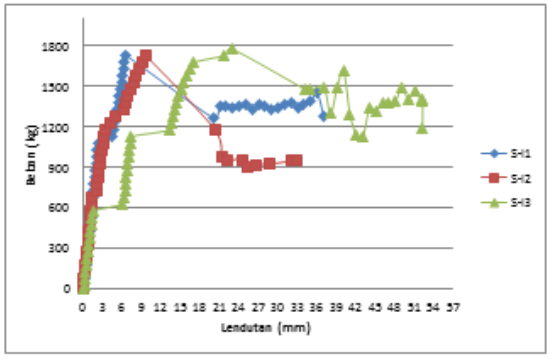
Tabel 3. Perbandingan Beban Maksimum

Benda Uji	Beban Maksimum	Rata-rata	Persentase Penurunan Kekuatan Plat
S-I1	1729,1 kg	1745,9 kg	13,97%
S-I2	1729,4 kg		
S-I3	1779,4 kg		
TS-A3	2079,4 kg	2029,25 kg	
TS-B1	1979,1 kg		

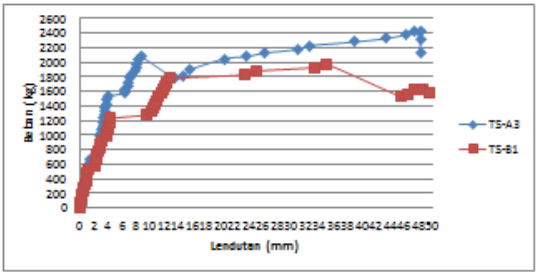
Dari hasil penelitian diperoleh perbedaan berat plat, beban maksimum dan lendutan pada kedua jenis plat.

Plat peton lapis *styrofoam* rata-rata beban maksimum yang dapat dipikul sebesar 1745,9 kg, sementara plat beton rata-rata beban maksimum yang dapat dipikul sebesar 2029,25 kg. Bila dibandingkan dengan perhitungan teoritis, beban yang mampu dipikul plat sebesar 2324,82 kg. Sehingga penggunaan *styrofoam* dapat mempengaruhi kekuatan plat dan plat beton tanpa *styrofoam* lebih kuat terhadap lentur dibandingkan plat beton lapis *styrofoam* bila dilihat dari beban maksimum yang dapat dipikul.

Diketahui bahwa dengan menggunakan *styrofoam* pada plat beton dapat mengurangi berat dan kekuatan plat beton. Dimana penurunan berat yang terjadi sebesar 10,59%, sedangkan untuk penurunan kekuatan plat sebesar 13,97%. Untuk dapat mengoptimalkan penggunaan *styrofoam* pada plat beton, dapat mengganti jenis *styrofoam* yang digunakan agar kekuatan dengan *styrofoam* lebih maksimal.



Gambar 4. Grafik Gabungan Hubungan Beban dan Lendutan Plat Beton Lapis *Styrofoam*



Gambar 5. Grafik Gabungan Hubungan Beban dan Lendutan Plat Beton Tanpa *Styrofoam*

Dari hasil pengujian plat beton lapis *styrofoam* terlihat hampir memiliki pola yang sama. Pada beban 0–1000 kg grafik masih linier, hal ini dikarenakan belum terjadi retakan. Ketika beban mencapai 1050 kg, barulah terjadi retakan pertama hingga beban ditambahkan, retakan lainnya juga bertambah. Pada beban 0-600 kg grafik masih linier.Pada saat beban mencapai 650 kg, keretakan awal telah muncul, namun pada grafik hubungan antara beban dan lendutan masih bisa diakatakan linier. Pada tahap ini, penambahan nilai beban akan meningkatkan juga nilai lendutan secara seimbang. Ketika tahap retak awal telah dilewati, dengan penambahan beban maka akan tetap diikuti penambahan nilai lendutan secara seimbang.

Ketika sudah mencapai beban maksimum, secara drastis beban yang mampu bekerja pada plat turun. Kemudian retakan yang terjadi pada plat juga terus bertambah. Pada grafik tersebut dapat dilihat pula adanya penambahan lendutan yang besar dengan penambahan beban yang tidak terlalu besar. Seperti misalnya pada plat beton lapis *styrofoam* S-I3. Meskipun beban bertambah tidak terlalu besar, ada terjadi keretakan pada plat, sehingga lendutan pada plat menjadi bertambah. Terlihat pada beban mencapai 629,4kg, terjadi keretakan. Setelah itu pada beban 1129,4kg juga terjadi keretakan 5,6 dan 7.

Sama halnya seperti plat beton lapis *styrofoam*, plat beton tanpa lapis *styrofoam* juga mengalami hal yang serupa. Dimana adanya pertambahan lendutan ketika beban bertambah secara tidak signifikan. Akan tetapi memumculkan keretakan-keretakan yang baru.

Tabel 4. Perbandingan Lendutan

Benda Uji	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Rata-rata (mm)
S-I1	1729,1	6,68	12,67
S-I2	1729,1	9,64	
S-I3	1729,1	21,71	
TS-A3	1729,1	7,02	9,715
TS-B1	1729,1	12,41	

Sementara untuk pada lendutan plat dengan beban maksimum yang terkecil diperoleh rata-rata lendutan pada plat beton 9,715 mm dan plat beton lapis *styrofoam* 12,67 mm. Hal ini karena plat beton lebih monolit dibandingkan dengan plat beton lapis *styrofoam*.

Pola Keruntuhan Plat Beton

Retakan awal terjadi di bawah plat, dimana merupakan bagian tarik dari plat. Kemudian retakan merambat ke bagian atas plat sedikit demi sedikit. Sebelum terjadi retak, plat masih bertindak sebagai plat elastis. Akibat beban luar yang bekerja padanya, plat akan melendut dan bagian pojoknya akan terangkat bila tidak dicor secara monolit dengan tumpuannya, hal ini juga berlaku pada plat dengan tumpuan bebas seperti pada penelitian. Retakan yang terjadi lebih dominan pada bagian tengah, pada bentang pendek.

Gambar 6. Pola Keruntuhan Bagian Tekan Plat Beton Lapis *Styrofoam*

Gambar 7. Pola Keruntuhan Bagian Tarik Plat Beton Lapis *Styrofoam*

Gambar 8. Pola Keruntuhan Bagian Tekan Plat Beton Tanpa *Styrofoam*

Gabar 9. Pola Keruntuhan Bagian Tarik Plat Beton Tanpa *Styrofoam*

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh hasil penelitian serta analisa yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Plat beton tanpa *styrofoam* mampu menahan beban maksimum yang paling besar. Dari semua benda uji yang diamati, kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan oleh plat beton tanpa *styrofoam* sebesar 2079,4 kg. Bila dibandingkan dengan plat beton lapis *styrofoam* yang hanya mampu menahan beban maksimum sebesar 1779,4 kg.
2. Lendutan yang terjadi pada plat beton lapis *styrofoam* lebih dari plat beton tanpa *styrofoam*. Hal ini ditunjukkan oleh besarnya lendutan rata-rata untuk plat beton lapis *styrofoam* adalah 12,67 mm dan untuk plat beton tanpa *styrofoam* adalah 9,715 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Asroni, A. 2010. Balok dan Pelat Beton Bertulang. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Dewi, S.M. 2009. Pelat dan Rangka Beton. Malang : Bargie Media.

Dipohusodo, I. 1999. Struktur Beton Bertulang. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

Mulyono, T. 2009. Teknologi Beton. Yogyakarta : ANDI.

Nawy, E.G. 1998. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Bandung : Refika Aditama.

Nurlina, S. 2008. Struktur Beton. Malang : Srikandi.

Park, R. & Paulay, T. 1975. Reinforced Concrete Structures. USA : John Wiley & Sons.Inc.

Schodeck, D.L. 1998. Struktur. Bandung : Refika Aditama.

SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung : Badan Standardisasi Nasional BSN.

Winter, G. & Nilson, A. H.1993. Perencanaan Struktur Beton Bertulang. Jakarta : Pradya Paramita.