

Gambar 1

PENGARUH KONFIGURASI BAJA DAN FAKTOR KELANGSINGAN TERHADAP KAPASITAS TEKAN KOLOM

Michael Andreas, Maria Margaretha, Rudi Yuniarto ^{*)}, Han Ay Lie ^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Kolom merupakan elemen struktur yang berfungsi memikul beban aksial tekan pada suatu bangunan sipil. Beban aksial tekan ini menyebabkan adanya pemendekan pada struktur kolom dan menyebabkan kolom menerima gaya tarik pada sumbu yang tegak lurus dengan sumbu tekannya. Gaya tarik inilah yang menyebabkan kolom mengalami keruntuhan. Salah satu komponen penyusun kolom adalah beton. Beton merupakan bahan konstruksi yang memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang rendah. Oleh sebab itu, penambahan komponen penyusun kolom dengan baja menjadi solusi untuk menahan keruntuhan akibat gaya tarik yang terjadi pada kolom karena baja memiliki kuat tarik yang tinggi. Penggunaan baja pada struktur kolom dapat berupa baja tulangan maupun baja profil. Keruntuhan pada kolom selain dipengaruhi oleh gaya tarik, juga dipengaruhi oleh faktor kelangsingan dan jenis perletakan kolom tersebut. Dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh konfigurasi baja dalam bentuk tulangan dan profil serta faktor kelangsingan dan jenis perletakan terhadap kapasitas kuat tekan kolom. Penelitian ini dilakukan dengan uji laboratorium pada tiga jenis kolom, yaitu kolom beton polos, kolom beton bertulang, dan kolom komposit dengan ukuran 12x15 cm untuk mengetahui pengaruh konfigurasi baja, serta akan digunakan dua tinggi kolom berbeda untuk setiap jenis kolomnya yaitu sebesar 20 cm dan 60 cm untuk mengetahui pengaruh faktor kelangsingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada struktur dengan ketinggian rendah, faktor kelangsingan dan jenis perletakan memberikan pengaruh yang tidak signifikan pada kapasitas tekan struktur. Faktor yang lebih mempengaruhi ialah komponen penyusun struktur. Didapati pula bahwa kolom komposit merupakan struktur yang lebih stabil apabila dibandingkan dengan kolom beton bertulang tanpa sengkang.

Kata kunci: Baja, Beton, Kelangsingan, Kolom, Kolom beton bertulang, Kolom komposit

ABSTRACT

Column is a structural element which serves to carry the axial load on a civilian building. This axial load caused a shortening of the column and cause the column receives tensile load on the axis perpendicular to the axial load axis. This tensile load is what causes the column to collapse. One of the constituent component of a column is concrete. Concrete is a construction material which has a high compressive strength but has a low tensile strength. Therefore, the addition of column constituent component with steel is a solution to resist collapse due to tensile load that occurs in the column because a steel has a high tensile strength. The use of steel in the column structure can be rebars and steel profiles. The collapse of a column in addition affected by tensile load, is also affected by slenderness factor and type of support of the column. This research examined the effect of

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

steel configuration in the form of rebars and steel profiles as well as the slenderness factor and the type of support on column compressive strength capacity. This research was conducted by laboratory tests on three types of columns, which is plain concrete column, reinforced concrete column, and composite column with size 12x15 cm to determine the effect of steel configuration, and with two different heights for each type of column by 20 cm and 60 cm to know the effect of slenderness factor. The results showed that the structure with a low height, the slenderness factor and the type of support gives no significant effect on structure compressive strength capacity. Factor which affects more is the constituent components of the structure. It is also found that composite column is a more stable structure when compared with reinforced concrete column without stirrups.

Keywords: *Column, Concrete, Composite column, Reinforced concrete column, Slenderness, Steel*

PENDAHULUAN

Kapasitas kolom dalam menahan beban tekan dipengaruhi oleh komponen penyusunnya. Keruntuhan pada kolom disebabkan oleh gaya tarik pada arah lateral ketika kolom menerima beban aksial tekan. Komponen utama penyusun kolom adalah beton yang lemah terhadap gaya tarik. Oleh sebab itu, beton dapat dikombinasikan dengan baja. Hal ini dilakukan karena baja memiliki kuat tarik yang tinggi. Penelitian ini menduga bahwa perbedaan konfigurasi baja, yaitu penggunaan baja tulangan atau baja profil akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kapasitas tekan kolom. Dalam penelitian ini akan dianalisis perilaku kolom beton polos, kolom beton bertulang, dan kolom komposit dalam menahan beban.

Faktor lain yang mempengaruhi kapasitas tekan kolom adalah faktor kelangsingan. Jika faktor kelangsingan suatu kolom besar, maka semakin besar pula pengaruh tekuk yang terjadi pada kolom tersebut. Pengaruh tekuk ini mempengaruhi beban tekan maksimum yang mampu ditahan oleh kolom. Jika pengaruh tekuk pada kolom semakin besar, maka beban tekan maksimum kolom akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan pada kolom dengan faktor kelangsingan tinggi, selain menahan beban tekan harus pula menahan beban tekuk.

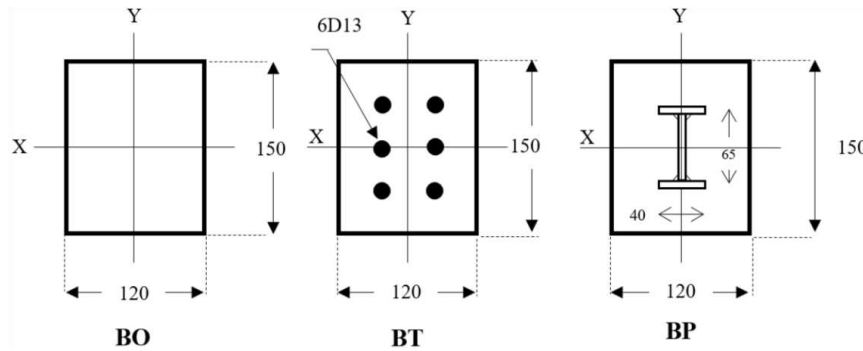
Faktor kelangsingan memiliki hubungan yang erat dengan jenis perletakan. Jenis perletakan yang berbeda akan memberikan faktor panjang efektif yang berbeda. Faktor panjang efektif inilah yang mempengaruhi nilai faktor kelangsingan.

Penelitian ini akan menganalisis perilaku kolom dalam menahan beban tekan dengan mempertimbangkan beberapa material penyusun, faktor kelangsingan, dan jenis perletakan yang digunakan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini membandingkan hasil uji eksperimental di laboratorium dengan analisis teoritis berdasarkan standar yang berlaku dalam menentukan pengaruh konfigurasi baja dan faktor kelangsingan. Digunakan tiga perbedaan penampang untuk mengetahui pengaruh konfigurasi baja dan dua perbedaan tinggi untuk mengetahui pengaruh faktor kelangsingan. Perbedaan penampang pada benda uji dapat dilihat pada Gambar 1.

Benda uji beton polos, beton bertulang, dan beton komposit secara berurutan dinyatakan dalam kode BO, BT, dan BP. Dilakukan penomoran pada benda uji untuk mengklasifikasi benda uji berdasarkan tinggi, yaitu 1 untuk 20 cm dan 2 untuk 60 cm. Diperoleh benda uji dengan kode BO1, BO2, BT1, BT2, BP1, dan BP2. Masing-masing kode benda uji berjumlah 3, sehingga diperoleh 18 benda uji.



Gambar 1. Penampang Benda Uji

Tahapan pembuatan benda uji didahului dengan persiapan material penyusun benda uji. Material penyusun tersebut meliputi persiapan baja tulangan, pembuatan profil baja, pembuatan bekisting, dan pemesanan beton ready mix. Baja tulangan yang digunakan merupakan baja ulir dengan diameter sebesar 13 mm, baja profil yang digunakan menggunakan dimensi khusus yang dirakit menggunakan potongan plat dengan ketebalan 5.6 mm, dan bekisting yang digunakan merupakan bahan multipleks dengan ketebalan 15 mm. Material penyusun kemudian diuji untuk diketahui mutunya dan digunakan dalam perhitungan secara empiris.

Tahapan berikutnya ialah perawatan benda uji. Perawatan dilakukan untuk mempersiapkan benda uji kolom untuk diuji kuat tekannya. Perawatan dilakukan dengan menutup permukaan kolom menggunakan karung goni yang dibasahi. Setelah perawatan dilakukan selama 28 hari, dilaksanakan tahapan pengujian dengan membebani kolom hingga mencapai beban maksimum atau mencapai keruntuhan.

Tahapan akhir ialah penarikan kesimpulan. Selain menarik kesimpulan dengan membandingkan hasil laboratorium dengan analisis teoritis, dilakukan pula analisis keruntuhan untuk mengetahui penyebab keruntuhan utama pada setiap benda uji.

DATA MATERIAL

Mutu material beton umur 28 hari, baja tulangan, dan plat secara berurutan dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari

Silinder	Kuat Tekan (MPa)
1	12.26
2	12.77
3	14.68
4	13.73
5	11.13

6	12.23
Rata-rata	12.80

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan

Tulangan	f_y (MPa)
1	387.96
2	397.90
Rata-rata	392.93







Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Plat Baja

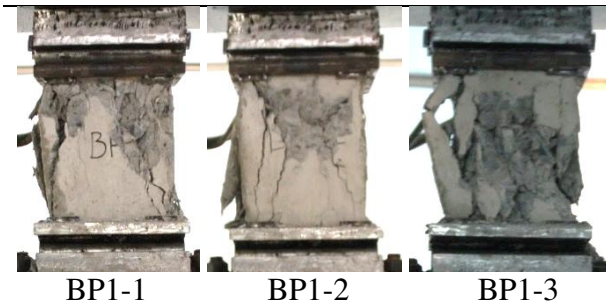
Plat	f_y (MPa)
1	335.55
2	351.29
Rata-rata	343.42

HASIL DAN PEMBAHASAN







Pengujian kapasitas tekan kolom diikuti dengan pengamatan keruntuhan secara visual pada masing-masing kolom. Pola keruntuhan dan analisis benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.

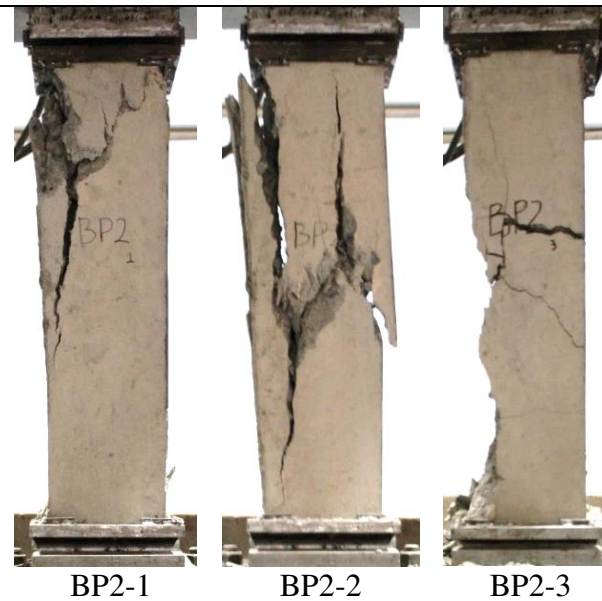
Tabel 4. Keruntuhan Benda Uji

Gambar			Analisa
			Kolom pendek beton polos mengalami keruntuhan pada seluruh permukaan kolom. Kondisi ini menunjukkan bahwa kolom menerima pembebanan secara merata pada penampang dan mengalami keruntuhan saat material beton gagal menahan beban yang bekerja.
BO1-1	BO1-2	BO1-3	
			
BT1-1	BT1-2	BT1-3	Kolom pendek beton bertulang tidak mengalami keruntuhan permukaan seperti tampak pada kolom pendek beton polos, namun pada kolom beton bertulang tampak retakan arah vertikal pada permukaan kolom. Keruntuhan terjadi saat beton dan baja tulangan mencapai tegangan leleh.
			Kolom pendek komposit mengalami keruntuhan yang lebih ringan dibandingkan beton polos dan beton bertulang. Keruntuhan terjadi pada sisi kiri dan kanan beton yang tidak diperkuat dengan baja profil.



Tabel 5. Keruntuhan Benda Uji (lanjutan)

Gambar			Analisis
			<p>Kolom menengah beton polos mengalami keruntuhan atau mencapai beban maksimum ketika retak horizontal muncul pada kolom dan menyebabkan kolom kehilangan keseimbangan. Retak arah horizontal ini terjadi saat kolom mulai mengalami beban tekuk.</p>
BO2-1	BO2-2	BO2-3	
			
BT2-1	BT2-2	BT2-3	<p>Keruntuhan pada kolom menengah beton bertulang tampak memisahkan kolom menjadi dua bagian, yaitu sisi depan dan sisi belakang kolom. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan pada kolom menengah beton bertulang terjadi saat baja tulangan mencapai tegangan leleh dan mengalami tekuk. Tekuk pada baja tulangan inilah yang memisahkan kolom menjadi 2 bagian; 3 layer depan baja tulangan mendorong ke sisi depan, dan 3 layer belakang baja tulangan mendorong ke sisi belakang.</p>



Kolom menengah komposit menunjukkan keruntuhan yang hampir sama dengan kolom pendek komposit, yaitu runtuh pada sisi kiri ataupun kanan yang tidak diperkuat dengan baja profil. Namun tampak pula keruntuhan pada arah horizontal yang disebabkan oleh beban tekuk.

Analisis keruntuhan menunjukkan bahwa penyebab keruntuhan utama pada setiap benda uji ialah *bond failure*. *Bond failure* disebabkan oleh material beton yang memiliki kuat tekan sangat rendah atau di bawah kuat tekan struktural minimum. Pada beton dengan kuat tekan rendah, terjadi regangan yang besar saat beton menerima beban, regangan yang terjadi pada beton melebihi regangan maksimum baja, sehingga ikatan material beton terlepas dengan material baja.

Pengujian dilakukan untuk memperoleh beban maksimum yang dapat ditahan oleh masing-masing benda uji. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan analisis secara empiris.

Persamaan yang digunakan pada kolom pendek beton polos dan beton bertulang untuk memperoleh kuat tekan kolom secara empiris didasarkan pada SNI 2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, dinyatakan dalam:

$$P_n = f'_c \times (A_c - A_s) + f_y \times A_s \dots\dots\dots(1)$$

sedangkan pada kolom menengah beton polos dan beton bertulang didasarkan pada persamaan Johnson (Andrew Samuel dan John Weir, 1999), dinyatakan dalam:

$$P_n = [f'_c - (\frac{f'_c \times k \times l}{2\pi r_c})^2 \times \frac{1}{E_c}] A_c + [f_y - (\frac{f_y \times k \times l}{2\pi r_s})^2 \times \frac{1}{E_s}] A_s \dots\dots\dots(2)$$

Kolom komposit baik pendek maupun menengah, didasarkan pada SNI SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, dinyatakan dalam:

$$P_n = A_s \times \frac{f_{my}}{\omega} \dots\dots\dots(3)$$

Tabel analisis empiris dan hasil eksperimental untuk kolom pendek dan kolom menengah dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

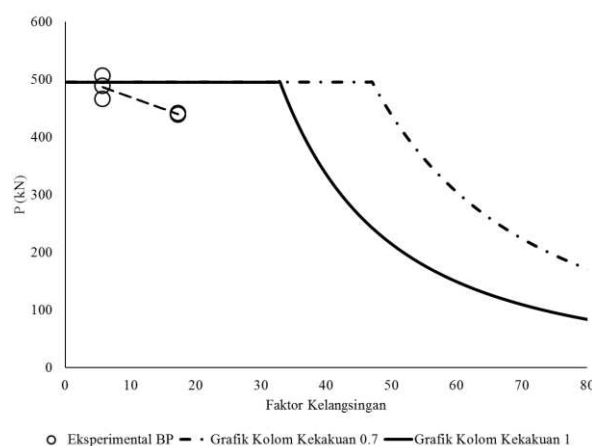
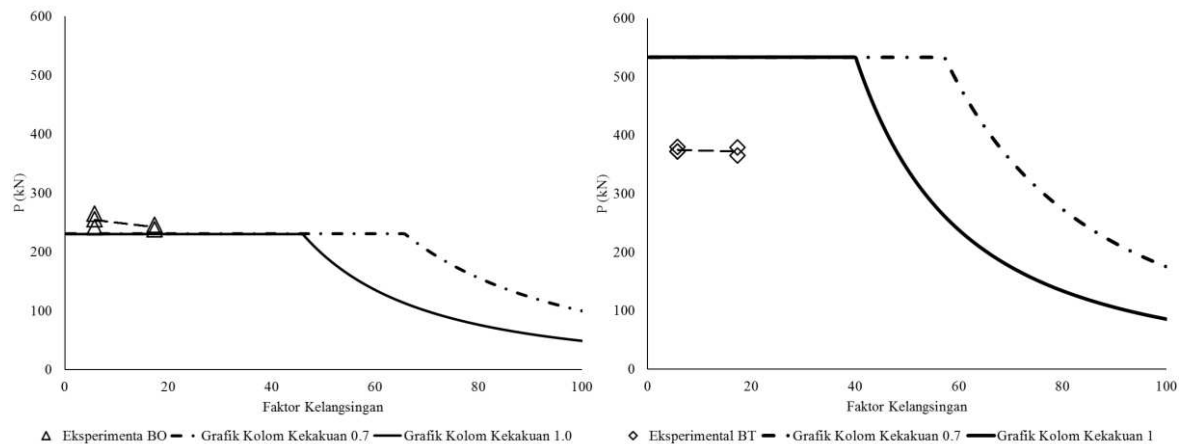
Tabel 6. Kuat Tekan Kolom Berdasarkan Analisis Empiris dan Hasil Eksperimental

Benda Uji	L			
	20 cm		60 cm	
	Empiris	Eksperimental	Empiris	Eksperimental
Polos	230.40 kN	265 kN	229.58 kN	316 kN
		255 kN		246 kN

		242 kN		238 kN
Tulangan	533.12 kN	372 kN	522.41 kN	392 kN
		380 kN		365 kN
		358 kN		379 kN
Profil	407.10 kN	465 kN	407.10 kN	441 kN
		506 kN		438 kN
		488 kN		478 kN

Hasil eksperimental di atas juga disajikan dengan grafik kuat tekan kolom. Grafik digunakan untuk mengetahui nilai batas maksimum kuat tekan kolom. Grafik diperoleh dengan menggunakan persamaan kekuatan material dan persamaan Euler. Digunakan jenis perletakan lain sebagai pembanding sehingga diperoleh perbandingan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, dapat disimpulkan bahwa pada kolom pendek, faktor kelangsingan dan jenis perletakan tidak memberikan pengaruh pada kapasitas tekan kolom.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Hasil Eksperimental Kolom dengan Analisis Empiris

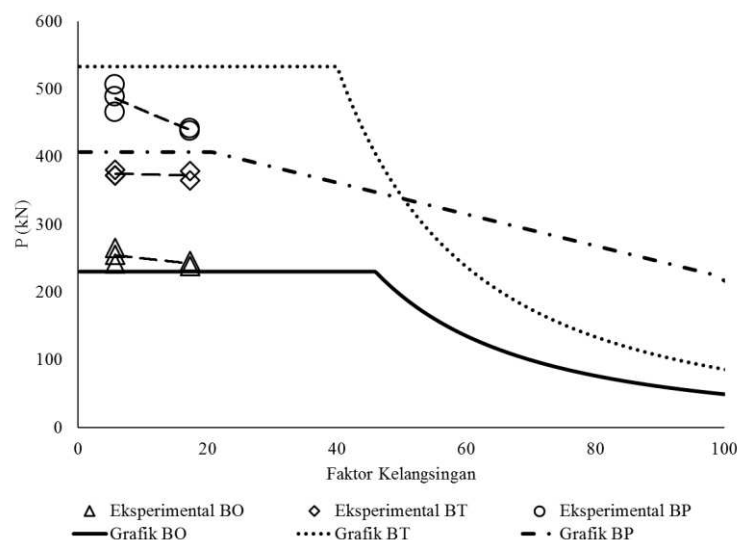
Pada Gambar 2, hasil eksperimental kolom beton bertulang menunjukkan bahwa kuat tekan berada pada titik di bawah batas kegagalan material. Hal ini dikarenakan benda uji kolom beton bertulang tidak menggunakan sengkang.

Berdasarkan Komite Bersama 441 ACI-ASCE tentang studi dari kolom beton bertulang, persamaan kekuatan material dapat diterapkan apabila struktur kolom menggunakan sengkang atau menggunakan sengkang dan spiral. (Wang, 1986)

Gambar 3 berikut merupakan grafik gabungan hasil eksperimental untuk semua benda uji dengan analisis empiris pada perletakan sendi-sendi.

Berdasarkan Gambar 3, hasil eksperimental menunjukkan kolom komposit memiliki kapasitas tekan yang lebih besar dibandingkan kolom beton bertulang. Hal ini membuktikan bahwa struktur kolom komposit memiliki stabilitas yang lebih tinggi dalam menahan beban tekan dibandingkan dengan kolom beton bertulang tanpa sengkang.

Tampak pula bahwa perbedaan material pada kolom 20 cm menyebabkan adanya selisih kapasitas tekan yang signifikan, namun selisih tersebut mulai berkurang pada kolom 60 cm. Hal ini membuktikan bahwa perbedaan material memberikan pengaruh terbesar pada kolom pendek dan semakin turun pengaruhnya seiring bertambahnya tinggi elemen kolom.



Gambar 3. Grafik Gabungan Perbandingan Hasil Eksperimental dengan Analisis Empiris

Persamaan kekuatan material memberikan grafik kapasitas tekan berupa garis lurus untuk kolom pendek, namun hasil eksperimental menunjukkan adanya penurunan kapasitas tekan dari kolom 20 cm menuju kolom 60 cm, hal ini disebabkan adanya faktor kelangsingan yang tidak diperhitungkan pada persamaan kekuatan material.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil dan pembahasan terhadap penelitian adalah sebagai berikut:

1. Kolom komposit memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan kolom beton bertulang meskipun baja tulangan memiliki mutu lebih tinggi dibandingkan baja profil.
2. Perbedaan material pada kolom menengah memberikan pengaruh yang lebih kecil dibandingkan dengan pengaruhnya terhadap kolom pendek.
3. Diperlukan persamaan Johnson pada kolom dengan panjang peralihan atau kolom menengah sehingga diperoleh hasil kapasitas tekan yang memiliki korelasi lebih baik.

4. Pada kolom pendek, faktor kelangsingan dan jenis perletakan tidak memberikan pengaruh pada kapasitas tekan kolom.

DAFTAR PUSTAKA

- Hutabarat, Michael Andreas and Pratiwi, Maria M.F.A., 2016. *Pengaruh Konfigurasi Baja dan Faktor Kelangsingan Terhadap Kapasitas Tekan Kolom*. Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Samuel, Andrew dan Weir, John. 1999. *Introduction to Engineering Design*. Butterworth-Heinemann. Oxford.
- SNI 03-1729-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- SNI 2847:2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- The International Federation for Structural Concrete. (2013). *FIB Model Code for Concrete Structures*. Ernst and Sohn Publishing House. Wiley.
- Wang, Chu-Kia dan Salmon, Charles G. 1986. *Disain Beton Bertulang, Edisi Keempat*. Erlangga. Jakarta.