

PENGARUH PANJANG SAMBUNGAN LEWATAN TULANGAN BAJA POLOS TERHADAP KUAT LENTUR PADA BALOK KANTILEVER BETON BERTULANG

Slamet Prayitno¹⁾, Supardi²⁾, Kartika Ambarsari Pudyastuti³⁾

1),2) Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

3) Mahasiswa Fakultas Teknik, S1 Transfer Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126 ; Telp. 0271-634524 ; E-mail : kambarsarip@gmail.com

Abstract

Reinforced concrete is a combination of concrete with steel reinforcement. Reinforcement is needed is often longer than the reinforcement provided. This is caused by the length of reinforcement produced by the plant is limited in size. To overcome this, should do the connecting reinforcement. The purpose of this study was to determine the effect of lap-splices plain steel bar on the cantilever beam flexural strength testing. The research is used an experimental method that is carried out in the laboratory Material UNS. Testing the compressive strength of concrete using the tool Compression Testing Machine (CTM) and flexural strength testing using the tool Bending Testing Machine. Test specimen in the form of a cylinder with a diameter of 15 cm and 30 cm high, amounting to 4 pieces for testing the compressive strength and the form of a cantilever beam with dimensions of buffer under $8 \times 20 \times 60$ cm, column $8 \times 12 \times 60$ cm, and the beam $8 \times 12 \times 50$ cm for flexural strength testing. The test specimen using a cantilever beam length variations lap-splices of 250 cm, 275 cm, 300 cm, 325 cm, 350 cm, and reinforcing a whole with the number 2 test specimens for each variation. Calculation used is based on the analysis of SNI and statistical analysis indicated by linear regression using Microsoft Excel program. Based on test results obtained compressive strength (f'_c) 24.545 MPa and a tensile strength steel (f_y) 238.735 MPa. Of the cantilever beam testing a relation between nominal moment flexural strength at the first crack conditions and the length of the lap-splices based on the results of linear regression yields the equation $y = 0.528x + 1.5026$. The relationship between the strong nominal bending moment on the condition of collapse and the length of the connection throughput based on the results produce a linear regression equation $y = 0.384x + 3.2905$. The results of this study showed that the longer the lap-splice is used it will increase the value of a strong nominal bending moment.

Keywords : Cantilever Beam, Reinforced Concrete, Lap-Slices, Flexural Strength, Plain Steel Bar.

Abstrak

Beton bertulang merupakan gabungan antara beton dengan tulangan baja. Tulangan yang diperlukan sering kali lebih panjang dari tulangan yang tersedia. Hal ini diakibatkan oleh panjang tulangan yang diproduksi pabrik dibatasi ukurannya. Untuk mengatasi hal ini maka harus dilakukan penyambungan tulangan.. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh panjang sambungan lewatan tulangan baja polos pada balok kantilever terhadap pengujian kuat lentur. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM) dan pengujian kuat lentur menggunakan alat *Bending Testing Machine*. Benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm berjumlah 4 buah untuk pengujian kuat tekan dan berupa balok kantilever dengan dimensi penyangga bawah $8 \times 20 \times 60$ cm, kolom $8 \times 12 \times 60$ cm, dan balok $8 \times 12 \times 50$ cm untuk pengujian kuat lentur. Benda uji balok kantilever menggunakan variasi panjang sambungan lewatan 250 cm, 275 cm, 300 cm, 325 cm, 350 cm, dan tulangan utuh dengan jumlah 2 benda uji untuk tiap variasi. Perhitungan yang digunakan adalah analisis berdasarkan SNI dan analisis statistik ditunjukkan dengan regresi linier menggunakan program Microsoft Excel. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kuat tekan (f'_c) 24,545 MPa dan kuat tarik baja (f_y) 238,735 MPa. Dari pengujian balok kantilever mendapatkan hubungan antara momen nominal kuat lentur pada kondisi retak pertama dan panjang sambungan lewatan berdasarkan hasil regresi linier menghasilkan persamaan $y = 0,528x + 1,5026$. Hubungan antara momen nominal kuat lentur pada kondisi runtuh dan panjang sambungan lewatan berdasarkan hasil regresi linier menghasilkan persamaan $y = 0,384x + 3,3746$. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin panjang sambungan lewatan yang digunakan maka akan meningkatkan nilai momen nominal kuat lentur.

Kata kunci : Balok Kantilever, Beton Bertulang, Sambungan Lewatan, Kuat Lentur, Tulangan Baja Polos

PENDAHULUAN

Pada proses konstruksi suatu bangunan banyak hal yang harus diperhatikan berkaitan dengan struktur terutama pada pemasangan tulangan agar desain yang sudah direncanakan dapat terpasang dengan benar sesuai dengan aturan yang berlaku. Salah satu contoh pekerjaan yang harus diperhatikan adalah pemasangan sambungan tulangan. Penyambungan tulangan dilakukan karena beberapa faktor antara lain karena panjang tulangan yang tidak mencukupi. Untuk itu perlu diperhatikan adanya panjang sambungan tersebut. Pemasangan yang tidak sesuai dengan aturan yang ada akan berakibat pada perilaku elemen struktur tersebut untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada struktur. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kuat lentur dengan adanya panjang sambungan lewatan. Penelitian ini menggunakan beton normal dengan kuat tekan rencana (f'_c) 20 MPa.

LANDASAN TEORI

Penyambungan tulangan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu sambungan lewatan (*lap splices*), sambungan las (*welded splices*), dan sambungan mekanis (*mechanical connections*). (Lancelot 1985).

Menurut Dipohusodo (1994) sambungan lewatan merupakan sambungan yang paling ekonomis. Sambungan lewatan (*splice*) dapat dibuat dengan cara membuat overlap tulangan yang saling bersentuhan ataupun terpisah (Wang dan Salmon, 1993).

Panjang lewatan yang dibutuhkan harus diperhitungkan untuk menghindari keruntuhan atau kegagalan sambungan. Kebutuhan panjang lewatan berhubungan dengan panjang penyaluran tegangan (ld) yang bertambah sesuai dengan peningkatan tegangan. Panjang penyaluran adalah panjang penambatan yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan luluh pada tulangan yang merupakan fungsi tegangan luluh baja (f_y), diameter tulangan (db), dan tegangan lekat (Dipohusodo, 1994).

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 12.15.1, panjang minimum sambungan lewatan tulangan tarik diambil berdasarkan persyaratan kelas yang sesuai tetapi tidak kurang dari 300 mm. Ketentuan masing-masing kelas sambungan tersebut adalah :

Sambungan Kelas A 1,0 ld

Sambungan Kelas B 1,3 ld

ld adalah panjang penyaluran tarik untuk kuat leleh f_y .

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 0-4431-1997).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu data atau hasil yang menghubungkan antara variabel-variabel yang diselidiki. Tahap awal, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji. Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji.

Benda uji untuk pengujian kuat tekan menggunakan silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm serta benda uji balok kantilever untuk pengujian kuat lentur dengan dimensi penyangga bawah 80 mm x 200 mm x 600 mm, kolom 80 mm x 120 mm x 500 mm, dan balok 80 mm x 120 mm x 600 mm. Dengan menggunakan variasi panjang sambungan lewatan 250 mm, 275 mm, 300 mm, 325 mm, dan 350 mm serta balok kantilever dengan tulangan utuh atau tanpa sambungan sebagai referensi dengan 2 sampel untuk setiap variasi benda uji.

HASIL PENGUJIAN

Hasil Pengujian Agregat

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Kuning Muda	0 - 10%	Memenuhi syarat
2	Kandungan lumpur	2,0 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,424 gr/cm ³	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,525 gr/cm ³	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,697 gr/cm ³	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	4,167 %	-	-
7	Modulus Halus	2,506	1,5-3,8	Memenuhi syarat

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	5,180	5 - 8	Memenuhi syarat
2	<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,508	-	-

3	Bulk Specific Gravity SSD	2,660	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,956	-	-
5	Absorbtion	6,03 %	-	-
6	Abrasi	44,320 %	50 %	Memenuhi syarat

Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan Polos

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil pengujian diperoleh data kuat tarik pada kondisi leleh (P_{leleh}) dan kuat tarik pada kondisi maksimum (P_{maks}). Dari hasil pengujian mendapatkan nilai tegangan leleh baja tulangan sebesar 238,735 MPa.

Hasil Perhitungan Rancang Campur Adukan Beton

Perhitungan rancang campur adukan beton dilakukan sesuai dengan metode SNI. Dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per benda uji balok kantilever yaitu :

a. Semen	=	8,668	kg
b. Agregat Kasar	=	16,861	kg
c. Agregat Halus	=	14,262	kg
d. Air	=	4,534	liter
e. <i>Superplasticizer</i>	=	0,060	liter
f. Bestmittel 0,4%	=	0,035	liter

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM). Pengujian dengan 4 sampel menghasilkan kuat tekan (f_c) sebesar 24,545 MPa. Beton normal memiliki nilai kuat tekan antara 17,5 – 40 MPa, sehingga kuat tekan beton pengujian tersebut telah memenuhi syarat.

Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Kantilever

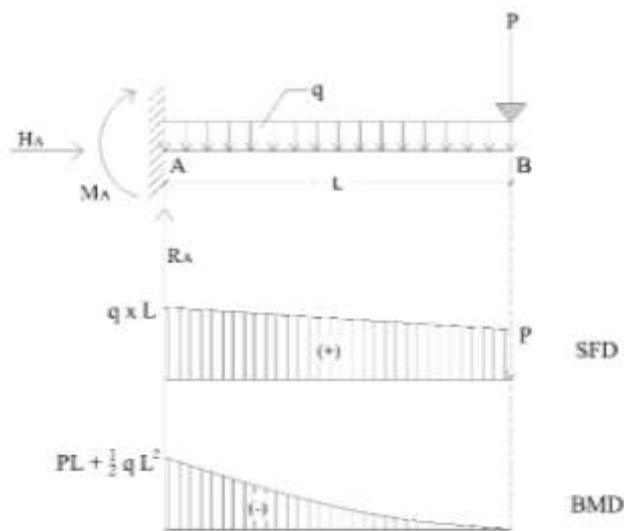
Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode Benda Uji	P leleh (kN)	Beban saat Retak Pertama (kN)	Lendutan saat Retak Pertama (mm)	P maks (kN)	Lendutan saat Bebaan Maksimum (mm)
BKU -1	12	8	4,75	14	20,20
BKU -2	12	10	7,70	16	22,30
BK250 -1	8	6	5,50	10	20,70
BK250 -2	8	4	7,20	8	18,60
BK275 -1	10	6	4,30	10	17,50
BK275 -2	6	6	5,00	10	17,90
BK300 -1	10	8	5,50	12	15,50
BK300 -2	8	8	6,20	10	15,60
BK325 -1	10	6	6,60	14	13,80
BK325 -2	10	8	3,30	10	15,10
BK350 -1	12	8	1,20	14	14,70
BK350 -2	10	8	4,20	14	13,90

PEMBAHASAN

Analisis Kuat Lentur Berdasarkan Hasil Penelitian

Perhitungan momen nominal hasil pengujian ini menggunakan konsep statika dimana balok dibebani dengan beban titik pada ujung balok seperti Gambar 1. Dari perhitungan ini kita dapat mengetahui momen maksimal yang terjadi.



Gambar 1. Diagram Gaya Pembebanan

Momen maksimum sama dengan momen nominal, momen maksimum terjadi di ujung tumpuan, maka:

$$M_{max} = P.L + \frac{1}{2} q L^2$$

$$M_{max} = M_n \text{ (momen nominal)}$$

Hitungan momen nominal benda uji BK250-1 hasil pengujian adalah sebagai berikut :

$$b = 0,08 \text{ m}$$

$$h = 0,12 \text{ m}$$

$$L = 0,48 \text{ m}$$

$$\text{Berat sendiri beton} = 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{leleh} = 8,0 \text{ kN} = 800 \text{ kg}$$

$$M_n = P.L + \frac{1}{2} q L^2$$

$$= (800 \times 0,48) + (\frac{1}{2} \times 0,08 \times 0,12 \times 2400 \times 0,48^2)$$

$$= 386,654 \text{ kgm} = 3,867 \text{ kNm}$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Momen Nominal Pengujian Kuat Lentur

Kode Benda Uji	P leleh (kN)	Momen Nominal (kN.m)	Mn rerata (kN.m)
BKU -1	12	5,79	5,79
BKU -2	12	5,79	5,79
BK250 -1	8	3,87	3,87
BK250 -2	8	3,87	3,87
BK275 -1	10	4,83	3,87
BK275 -2	6	2,91	3,87
BK300 -1	10	4,83	4,35
BK300 -2	8	3,87	4,35
BK325 -1	10	4,83	4,83
BK325 -2	10	4,83	4,83
BK350 -1	12	5,79	5,31
BK350 -2	10	4,83	5,31

Momen Saat Retak Pertama

Modulus retak (f_r)

$$= 0,7 \times \sqrt{f_c}$$

$$= 0,7 \times \text{---}$$

$$= 3,468 \text{ MPa}$$

Momen retak (M_{cr})

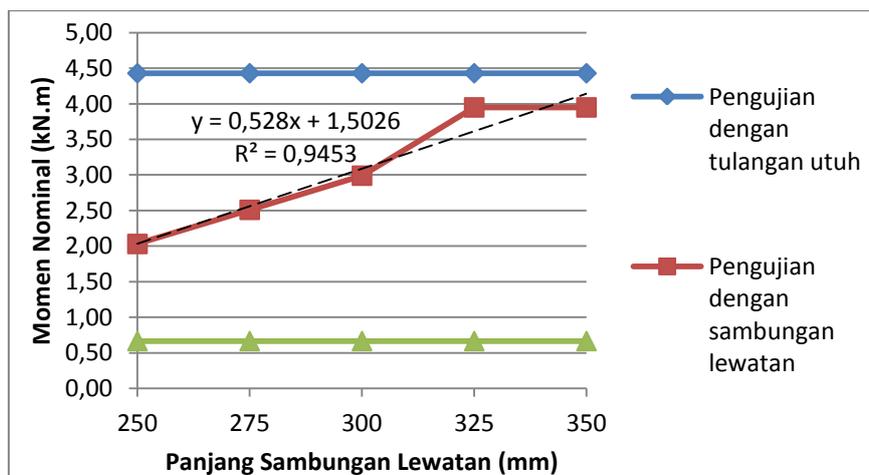
$$= \text{---}$$

$$= \text{---}$$

$$= 665856 \text{ Nmm} = 0,6659 \text{ kNm}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Momen Retak Pengujian

Kode Benda Uji	Beban saat Retak Pertama (kN)	Momen Nominal (kN.m)	Mn rerata (kN.m)
BKU -1	8	3,95	4,43
BKU -2	4	4,91	
BK250 -1	4	2,03	2,03
BK250 -2	4	2,03	
BK275 -1	6	2,99	2,51
BK275 -2	6	2,99	
BK300 -1	6	2,99	2,99
BK300 -2	8	3,95	
BK325 -1	8	3,95	3,95
BK325 -2	8	3,95	
BK350 -1	8	3,95	3,95
BK350 -2	8	3,95	



Gambar 2. Diagram Perbandingan Momen Nominal Hasil Analisa dengan Hasil Pengujian pada Keadaan P retak pertama

Dari Gambar 2 tersebut didapatkan nilai fungsi $y(x)$ sebagai berikut :

$$y = 0,528x + 1,5026$$

$$R = 0,9453$$

Dengan persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk kenaikan 1 mm panjang sambungan lewatan dapat meningkatkan momen nominal pada keadaan Pleleh sebesar 0,528 dengan kesesuaian data sebesar 94,53%.

Momen Nominal Hasil Analisis SNI 03-2847-2013

$$b = 80 \text{ mm}$$

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$p = 20 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{senggang}} = 6 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{tulangan}} = 8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 24,545 \text{ N/mm}^2 \\
 \beta_1 &= 0,85 \rightarrow 17 \text{ MPa} < f_c' < 28 \text{ MPa (SNI 03-2847-2013)} \\
 f_y \text{ leleh Baja} &= 238,735 \text{ N/mm}^2 \text{ (Hasil Pengujian di Laboratorium)} \\
 E_{\text{baja}} &= 200000 \text{ N/mm}^2 \\
 d &= h - (p + \varnothing_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan}}) \\
 &= 120 - (20 + 6 + \frac{1}{2} \times 8) = 90 \text{ mm} \\
 A_s &= 4 \times (\frac{1}{4} \times 8^2) = 201,062 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{M_{max}}{M_{min}}$$

$$A_{sb} = \frac{M_{max}}{f_y}$$

$$\text{Syarat: } A_s \geq A_{sb}$$

Maka Momen Nominal :

$$M_n = A_s f_y$$

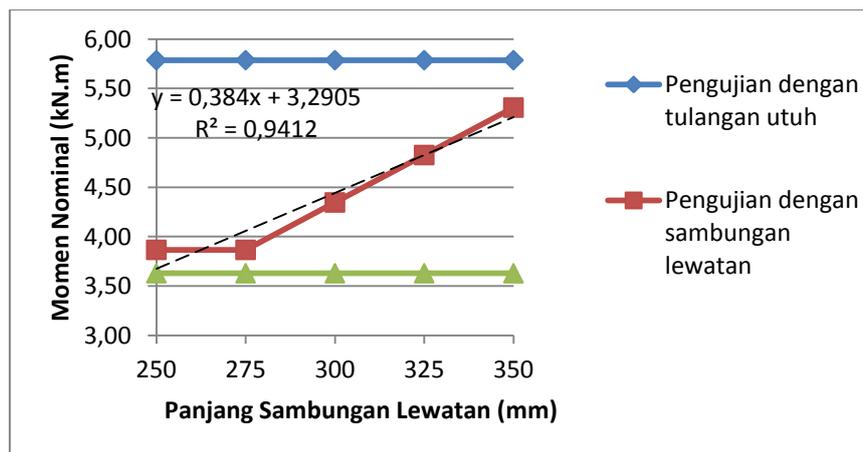
$$\text{Cek } f_s = f_y$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{M_n}{A_s} \\
 &= \frac{201,062 \times 238,735}{201,062} \\
 &= 238,735
 \end{aligned}$$

$$0,320 \leq 0,608 \rightarrow \text{maka } f_s = f_y \text{ (asumsi OK)}$$

$$M_n$$

Berdasarkan hasil pengujian maka menghasilkan hubungan hasil yang didapatkan dengan panjang sambungan lewatan seperti pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Diagram Perbandingan Momen Nominal Hasil Analisa dengan Hasil Pengujian pada Keadaan P_{leleh}

Dari Gambar 3. tersebut didapatkan nilai fungsi $y(x)$ sebagai berikut :

$$y = 0,384x + 3,2905$$

$$R = 0,9412$$

Dengan persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk kenaikan 1 mm panjang sambungan lewatan dapat meningkatkan momen nominal pada keadaan Pleleh sebesar 0,384 dengan kesesuaian data sebesar 94,12%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin panjang sambungan lewatan yang digunakan, maka akan menghasilkan nilai momen nominal yang semakin besar pula.
2. Hubungan momen nominal kuat lentur pada keadaan retak pertama hasil pengujian dengan adanya panjang sambungan lewatan berdasarkan Gambar 2. menghasilkan regresi linier dengan persamaan $y = 0,528x + 1,5026$.
3. Hubungan momen nominal kuat lentur pada keadaan runtuh hasil pengujian dengan adanya panjang sambungan lewatan berdasarkan Gambar 3. menghasilkan regresi linier dengan persamaan $y = 0,384x + 3,2905$.
4. Pola retak yang terjadi pada benda uji berada pada tepi balok atau dekat dengan *joint* balok dengan kolom penyangga.

SARAN

Beberapa koreksi yang harus diperhatikan agar penelitian ini menjadi lebih sempurna dan dapat dijadikan sebagai acuan bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan adanya penggunaan variasi panjang sambungan lewatan yang lebih beragam dan lebih memperhatikan adanya panjang penyaluran pada balok kantilever.
2. Penelitian menggunakan dimensi yang lebih besar perlu dilakukan untuk mengetahui lebih mendalam adanya pengaruh panjang sambungan lewatan yang digunakan.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan jumlah benda uji minimal 3 untuk masing-masing variasi agar mendapatkan data dan pembandingan yang lebih valid.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ir. Slamet Prayitno, MT. dan Ir. Supardi, MT. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1991. *SK SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum Yayasan LPMB. Bandung.
- Anonim. 1997. *SNI-4431-1997 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- Anonim. 2013. *SNI-2847-2013 Peryyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- Arusmalem Ginting. 2008. *Tinjauan Kekakuan Sambungan Lewatan Tarik*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra. Yogyakarta.
- Chu Kia Wang and Charles G. Salimon (alih bahasa : Binsar Hariandja). 1993. *Disain Beton Bertulang Edisi Empat*. Erlangga. Jakarta.
- Istimawan Diphohusodo. 1996. *Struktur Beton Bertulang*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Jack C. McCormac (alih bahasa : Sumargo). 2003. *Desain Beton Bertulang Jilid I Edisi Kelima*. Erlangga. Jakarta.
- Kardiyono Tjokrodimuljo. 1996. *Teknologi Beton*. Buku Ajar. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sunarmasto. 2007. *Jurnal Tegangan Lekat Baja Tulangan (Polos dan Ulir) pada Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.