

ANALISIS KAPASITAS LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN CAMPURAN PASIR BESI

Azwanda¹, Chaira²

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

*E-mail: azwanda@utu.ac.id

ABSTRACT

The use of concrete for structures in the field of civil engineering in particular, is currently increasing so as to demand better concrete technology. The purpose of this study was to analyze the flexural capacity of reinforced concrete beams with alternative materials using iron sand as a substitute for fine aggregate. In this study reinforced concrete beams with subtle aggregate substitution will be compared with normal reinforced concrete beams. The experimental method used to obtain data is carried out through flexural capacity testing. The results showed that the two beams failed to bend as planned. Normal flexural beam capacity is 10,480 tons with a maximum deflection of 7,530 mm. Whereas for flexible beams with fine aggregate substitution of iron sand obtained a deflection size of 18,470 mm with a maximum load of 11,860 tons. The crack pattern on the iron sand aggregate substitution beam has a higher amount where the crack appears slowly and has a shorter size compared to normal concrete blocks. Reinforced concrete beams with fine aggregate substitution of iron sand can also slow the initial cracking in normal reinforced concrete beams.

keywords: Reinforced Concrete Beams, Flexible Capacity, Iron Sand, Aggregate Substitution, Deflection

1. PENDAHULUAN

Penggunaan beton untuk struktur dalam bidang teknik sipil khususnya, saat ini terus meningkat sehingga menuntut teknologi beton yang lebih baik. Banyak penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti untuk memvariasikan bahan-bahan beton yang dapat digunakan untuk tujuan tertentu. Salah satu tujuan tersebut adalah menurunkan berat total bangunan dan strukturnya, dengan cara penggunaan bahan bangunan yang mempunyai massa rendah. Tidak sedikit pula yang meneliti untuk massa beton tinggi. Dengan mengandalkan bobot massa yang tinggi dari beton untuk menjaga kestabilan dari struktur dalam menahan beban lateral. Pemakaian agregat dengan berat jenis tinggi dalam pembuatan beton merupakan salah satu upaya untuk memenuhi keinginan tersebut di atas.

Pada penelitian ini dipakai beton dengan campuran pasir besi pada balok beton bertulang, untuk diteliti sifat mekanikanya. Pemakaian pasir besi ini ini dipilih karena bahan ini memiliki berat jenis yang berbeda dengan pasir alam. Berat jenis untuk pasir alam yaitu 1400 kg/m³, sedangkan pasir besi yaitu

2000 kg/m³. Sehingga akan menambah berat beton.

Sifat mekanika yang dimaksud adalah kapasitas lentur balok. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui sifat-sifat mekanika beton bertulang dengan memakai pasir besi sebagai pengganti agregat halus.

Pada penelitian ini akan diangkat permasalahan terkait dengan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya mengenai pemanfaatan pasir besi sebagai agregat halus menghasilkan suatu campuran beton yang memenuhi persyaratan teknis.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kapasitas lentur balok beton bertulang dengan material alternatif pengganti pasir besi sebagai substitusi agregat halus. Pada penelitian ini balok beton bertulang dengan substitusi agregat halus akan dibandingkan dengan balok beton bertulang normal. Diharapkan dari hasil penelitian ini didapatkan substitusi agregat halus yang dapat memperbaiki nilai kapasitas lentur beton.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan benda uji berupa balok berukuran 15 cm x 30 cm x 220 cm untuk pengujian kuat lentur.

Tabel 1.Jumlah dan Variasi Perlakuan Benda Uji

Variasi Benda Uji	Benda Uji	Jumlah Total
Balok Lentur Normal	Balok 15 cm x 30 cm x 220 cm	1
Balok Lentur Substitusi Agregat halus (pasir besi 50%)	Balok 15 cm x 30 cm x 220 cm	1

Persiapan Bahan dan Peralatan

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan beton bertulang adalah:

- a. Pasir, yang berasal dari sungai Krueng Aceh yang mempunyai bentuk yang bulat, bersih dan berbutir yang halus.
- b. Semen, Semen yang digunakan adalah semen portland type I.
- c. Air, yang dipakai untuk pembuatan beton dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- d. Baja tulangan, yang digunakan adalah tulangan ulir D12 mm untuk tulangan utama dan tulangan polos Ø8 mm untuk tulangan sengkang.
- e. Pasir Besi, yang digunakan mempunyai berat jenis 2000 kg/m³, dengan diameter butiran 1 – 4 mm. Pasir Besi ini diperoleh dari daerah pantai Ujong Batee.
- f. *superplasticizer* yang digunakan adalah jenis ViscoCrete 10.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini umumnya telah tersedia di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

Peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan sifat fisis agregat berupa :

- Gelas ukur;
- Pelat kaca;
- Satu set saringan;
- Wadah;

- Oven; dan
- Timbangan.

Peralatan yang digunakan untuk pengecoran dan pemeriksaan adukan beton berupa:

- Sekop;
- Timbangan;
- Tongkat besi dan vibrator untuk pemadatan;
- Mesin pengaduk beton (concrete mixer) berkapasitas 90 liter;
- Peralatan pengukuran flow test (kerucut Abram’s);
- Pengukuran kadar udara dan berat volume (air meter);
- Palu karet; dan
- balok ukuran 15 cm x 30 cm x 220 cm.

Peralatan yang digunakan untuk menguji kekuatan beton adalah sebagai berikut :

- Load Cell 100 ton untuk uji lentur;
- Transducers;
- hydraulic jack;
- Strain gauge; dan
- portable data logger.

Pengujian

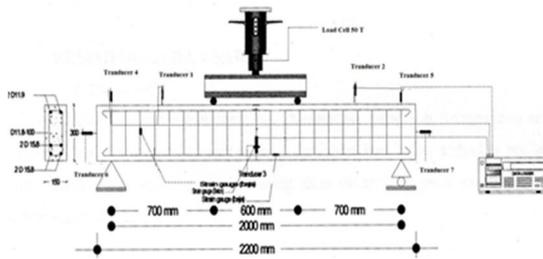
Pengujian terhadap benda uji dilakukan setelah benda uji selesai dibuat dan dilakukan perawatan benda uji selama 28 hari.

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji yang telah berumur 28 hari ditimbang terlebih dahulu. Setelah ditimbang benda uji balok ukuran 15 cm x 30 cm x 220 cm diletakkan di atas tumpuan dengan panjang teoritis 200 cm. Pembebanan dilakukan dengan memberikan dua beban terpusat yang sama besar.

Monitoring terhadap besarnya deformasi terhadap lendutan dan regangan pada baja serta beton dilakukan setiap kenaikan beban 100 kg menggunakan alat data logger yang terhubung dengan LVDT (transducer) dan strain gauge. LVDT ditempatkan pada 3 lokasi, strain gauge baja ditempatkan pada tulangan geser dan tulangan lentur tarik, sedangkan strain gauge beton di letakkan pada tengah bentang di daerah tarik. Beban diberikan secara perlahan hingga benda uji mengalami kehancuran. Set up pengujian benda uji balok dapat dilihat pada Gambar 1. Perilaku yang diamati adalah sebagai berikut :

1. Lendutan yang terjadi pada balok uji;
2. Regangan pada baja dan beton yang terjadi dan;

3. Beban maksimum yang dipikul oleh balok.



Gambar 1. Set Up Pembebanan Benda Uji Balok

Analisa Data

Setelah data hasil pengujian didapatkan maka selanjutnya dilakukan pengolahan data eksperimental.

Pengolahan data diawali dengan menghitung momen pengujian. Suatu balok beton bertulang sederhana (*simple beam*), menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur didalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, tegangan tekan terjadi pada bagian atas dan regangan tarik terjadi di bagian bawah dari penampang.

$$M_{pengujian} = 1/4(P.L) + 1/8(q.L^2) \tag{1}$$

- P = Beban retak pertama, (kN)
- L = Jarak antar tumpuan, (mm)
- q = Berat sendiri beton, (kN/mm).

Analisis lentur balok yang dinyatakan oleh Nawy (1998), dimana analisis lentur balok beton bertulang rangkap menyangkut penentuan kuat nominal momen suatu penampang (M_n) dengan nilai-nilai a , b , d , d' , A_s , A_{s2} , f'_c dan f_y dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$M_{n1} = A_s \cdot f_y \left[d - \frac{a}{2} \right] \tag{2}$$

$$M_{n2} = A_{s2} \cdot f_y (d - d') \tag{3}$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} \tag{4}$$

Tinggi blok tegangan beton :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \tag{5}$$

Letak garis netral :

$$C = \frac{a}{\beta} \tag{6}$$

Dimana :

M_n = Kuat nominal momen lentur (kg.cm);

a = Tinggi blok tegangan tekan (cm);

C = Jarak serat terluar ke garis netral (cm);

d = Jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik (cm) ;

d' = Jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tekan (cm).

Merujuk pada SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3 yang membatasi besarnya lendutan yang timbul pada balok dengan tujuan agar balok memberi kemampuan layan yang baik (*serviceability*). Batasan-batasan untuk keadaan kemampuan-layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung struktur tersebut. Seperti tabel berikut :

Tabel 1. Batas Lendutan Maximum

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban Tetap
Balok pemikul dinding atau finising yang getas	L/360
Balok biasa	L/240

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

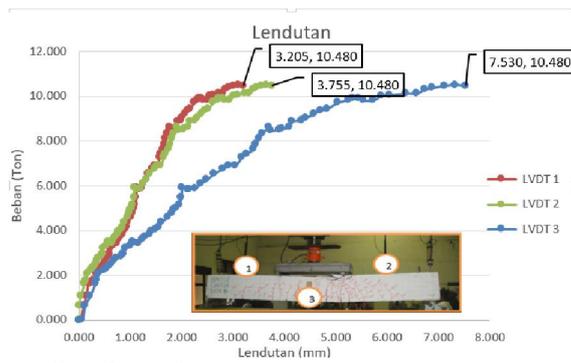
Hasil pengujian benda uji BMT

Pengujian BMT normal dan BMT PB 50 % dilakukan pada umur 28 hari. Data yang dihasilkan dari pengujian balok-balok tersebut adalah data beban, lendutan, regangan baja, dan regangan beton.

Pengujian BMT normal

Beban dan lendutan

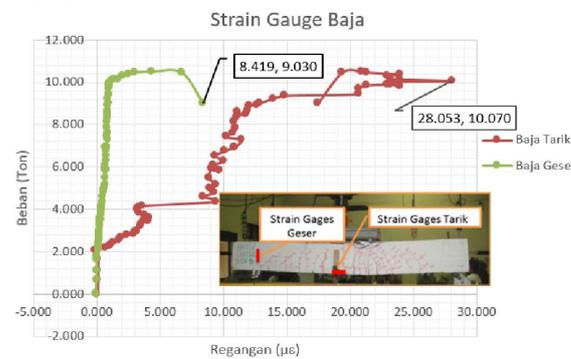
Lendutan yang terjadi pada Balok Manual Tersubstitusi (BMT) normal dapat dilihat bahwa lendutan maksimum pada LVDT 3 yang terletak pada tengah bentang balok sebesar 7,530 mm, LVDT 1 dan LVDT 2 yang terletak antara tengah bentang dan tumpuan sebesar 3,205 mm dan 3,755 mm dengan beban maksimum sebesar 10,480 ton. Grafik hubungan beban dan lendutan BMT normal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Beban-Lendutan BMT Normal

Beban dan regangan baja

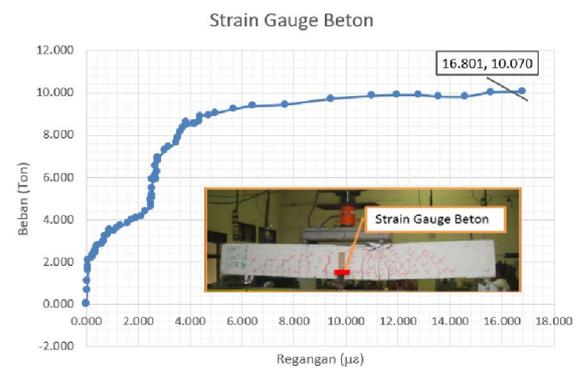
Regangan leleh yang terjadi pada tulangan tarik sebesar $28,053 \mu\epsilon$ atau $0,0028$ dengan beban $10,070$ ton lebih besar dibandingkan regangan pada tulangan geser sebesar $8,419 \mu\epsilon$ dengan beban $9,030$ ton. Hal ini ditunjukkan pada grafik hubungan beban dengan regangan baja pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Beban-Regangan Baja BMT Normal

Beban dan regangan beton

Regangan yang terjadi pada beton tercatat sebesar $16,801 \mu\epsilon$ pada beban $10,070$ ton, lebih kecil dari beban maksimum pada lendutan maksimum yang terjadi. Terlihat regangan pada grafik yang dimunculkan pada Gambar 4 tetap linier.

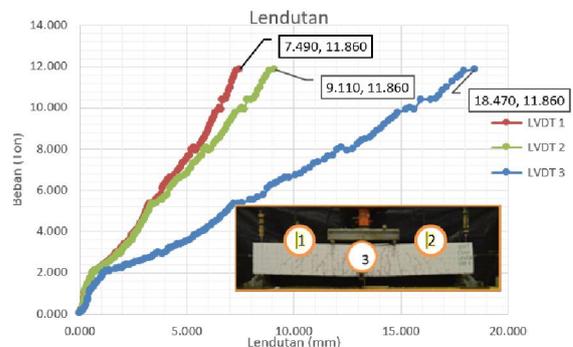


Gambar 4. Grafik Beban-Regangan Beton BMT Normal

Pengujian BMT PB 50%

Beban dan lendutan

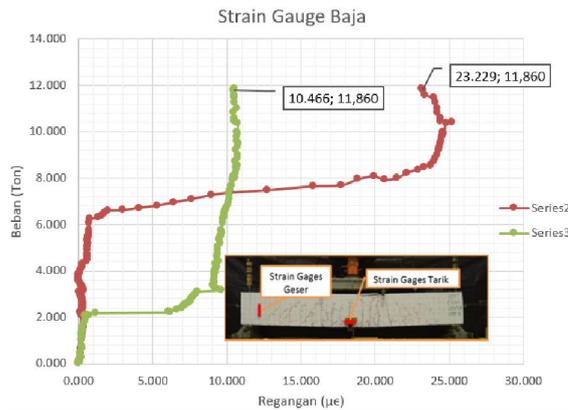
Hasil pengujian terhadap BMT PB 50% terlihat bahwa lendutan maksimum pada LVDT 3 sebesar $18,47$ mm, LVDT 1 dan LVDT 2 sebesar $7,49$ mm dan $9,11$ mm dengan beban maksimum sebesar $11,86$ ton. Hal ini ditunjukkan pada grafik hubungan beban dengan lendutan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Beban-Lendutan BMT PB

Beban dan regangan baja

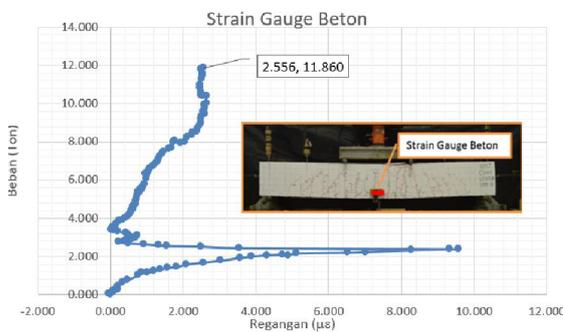
Regangan yang terjadi pada tulangan tarik sebesar $23,229 \mu\epsilon$ atau $0,0291$ dengan beban $11,86$ ton lebih besar dibandingkan regangan pada tulangan geser sebesar $10,466 \mu\epsilon$ dengan beban $11,86$ ton. Grafik hubungan beban dan regangan baja BMT PB 50% dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Grafik Beban- Regangan Baja BMT PB

Beban dan regangan beton

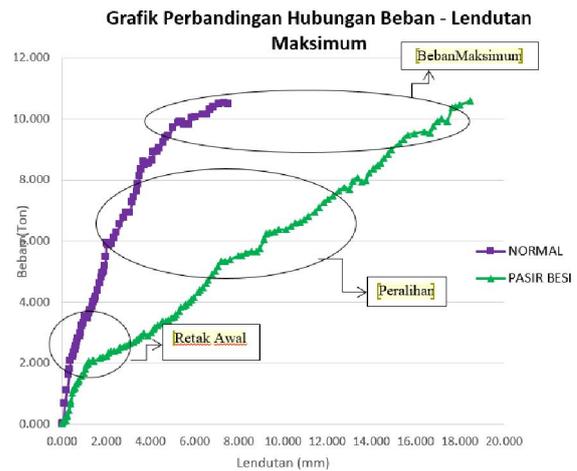
Regangan pada beton terjadi sebesar 2,556µε pada beban maksimum 11,60 ton. Grafik hubungan beban – regangan beton pada kondisi naik turun disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Beban- Regangan Beton Balok BMT PB

Perbandingan beban dan lendutan bmt normal dengan substitusi agregat

Pada gambar 8 terlihat bahwa grafik hubungan beban-lendutan BMT pasir besi lebih landai jika dibandingkan dengan grafik BMT normal. Hal ini menunjukkan bahwa balok beton bertulang dengan substitusi agregat pasir besi kekakuannya lebih rendah jika dibandingkan dengan balok beton bertulang normal atau tanpa substitusi agregat pasir besi. Berikut grafik perbandingan hubungan beban dan lendutan BMT normal dengan substitusi agregat pasir besi pada Gambar 8 dibawah ini:



Gambar 8. Grafik Perbandingan Variasi Aditif dan Substitusi Agregat Terhadap Beban-Lendutan di Tengah Bentang Balok BMT

Grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa balok BMT normal pada saat beban maksimum salah satu retak lentur membesar sampai pada bagian balok atau beton telah luluh selanjutnya diikuti leleh tulangan lentur dan dapat dikatakan balok tersebut getas. Berbeda halnya dengan balok BMT substitusi agregat halus dengan menggunakan pasir besi selain dapat meningkatkan kapasitas beban juga dapat menjadikan beton memiliki sifat lentur dibandingkan beton normal. Terjadinya retak awal pada kisaran beban 2,07 ton sampai 2,76 ton. Jumlah retak semakin banyak seiring dengan penambahan beban. Pada beban lebih besar dari 75% beban maksimum terjadi perubahan grafik hubungan beban – lendutan dari linier ke plastis disini menunjukkan bahwa tulangan lentur telah mengalami leleh secara perlahan dan diikuti dengan luluhnya beton. Kondisi ini menunjukkan bahwa substitusi agregat pasir besi kedalam beton normal dapat meminimalisir sifat getas.

Bentukan dan awal terjadinya retak pada umumnya dari kedua benda uji berbeda-beda, tetapi keruntuhan yang terjadi sama yaitu keruntuhan lentur atau gagal lentur. Hal ini di tunjukkan dari bentuk retak yang dominan terjadi pada daerah lentur. Pola keruntuhan lentur yang terjadi pada kedua benda uji pada saat awal pembebanan terjadi retak lentur pada daerah tengah balok berupa garis-garis yang hampir tegak mengikuti bidang melintang benda uji. Kemudian bercabang ke atas pada tahap beban mencapai 50 - 85% dari beban maksimum. Semakin besar lendutan yang

terjadi bentukan retak terus menuju ke daerah tekan. Pola keruntuhan lentur-geser yang terjadi ditandai dengan retak halus di tengah bentang berarah vertikal pada awal pembebanan. Kemudian diikuti retak arah diagonal yang terjadi secara tiba-tiba dekat perletakan. Seiring dengan penambahan beban lebar retak geser semakin bertambah besar dan terus menjalar ke retak diagonal tengah bentang sampai menuju pusat pembebanan, yang pada akhirnya mengakibatkan selimut beton bagian atas terkelupas atau hancur. Substitusi agregat halus dengan menggunakan pasir besi pada beton bertulang berpengaruh pada pola retak yang timbul. Bentuk retak yang terjadi pada BMT pasir besi lebih banyak dibandingkan BMT normal. Retak yang terjadi lebih perlahan dan pendek dibandingkan dengan BMT normal yang bentukan retak yang terjadi lebih panjang dan sedikit hal ini dikarenakan kegetasan sehingga retak yang terjadi tiba-tiba memanjang.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian perilaku lentur balok beton bertulang normal dengan substitusi agregat pasir besi adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas lentur dan tegangan-regangan beton dengan substitusi agregat pasir besi dapat diklasifikasikan kepada beton normal yang bersifat agak lentur.
2. Kegagalan balok dengan substitusi agregat pasir besi adalah gagal lentur.
3. Balok dengan substitusi agregat pasir besi meningkatkan nilai lendutan balok beton normal.
4. Pola retak pada balok substitusi agregat pasir besi lebih banyak jumlahnya dimana retak muncul secara perlahan serta memiliki ukuran yang lebih pendek dibandingkan dengan balok beton normal. Balok beton bertulang dengan substitusi agregat halus juga dapat memperlambat terjadinya retak awal pada balok beton bertulang normal.

pol

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada semua pihak yang telah membantu khususnya

Kemenristek Dikti atas bantuan hibah penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004. *Annual Book of American Society for Testing and Materials Standard (ASTM Standard)*. New York, USA
- Chu-Kia Wang, Charles G.Salmon, Binsar Hariandja. *Desain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 1*
- Chu-Kia Wang, Charles G.Salmon, Binsar Hariandja. *Desain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 2*
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia, (PBI, 1989)*,
- Dipohusodo, I., 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Penerbit Pustaka Utama, Jakarta.
- Mulyono, Tri., 2005, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Nawi, E.G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar* . P.T. Eresco, Bandung.
- Rafii Mohamad, Hakim M.Lukman. 2000. *Pengaruh Pemakaian Agregat Pasir Besi Terhadap Kuat Desak Beton*.
- SK SNI T-15-1991-03. Departemen Pekerjaan Umum R.I. Jakarta 1991.
- SK SNI 03-6825-2002, 2002, *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, BSN.
- SNI 03-1972-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan*.
- SNI 03-4154-1996. *Metode Pengujian Kuat Lentur dengan Balok Uji Sederhana Yang Dibebeani Beban Terpusat Langsung*.
- SNI 03-4431-1997. *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*.

SNI 07-2052-2002. *Baja Tulangan Beton.*

Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton.* PT
Naviri, Yogyakarta.

Tjokrodimulyo, K., 2007. *Teknologi Beton.*
Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil
UGM

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan